

**APLIKASI MIKORIZA ARBUSKULA TERHADAP SERAPAN FOSFOR,
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI GALUR KEDELAI HITAM PADA
INCEPTISOL**

Oleh :

MUHIMMATUL KHOIRIYAH



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2020

**APLIKASI MIKORIZA ARBUSKULA TERHADAP SERAPAN FOSFOR,
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI GALUR KEDELAI HITAM PADA
INCEPTISOL**

Oleh:

MUHIMMATUL KHOIRIYAH
155040200111198

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH**

MALANG
2020

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul “Aplikasi Mikoriza Arbuskula Terhadap Serapan Fosfor, Pertumbuhan dan Produksi Galur Kedelai Hitam pada Inceptisol” ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 17 Februari 2020

Muhimmatal Khoiriyah



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Aplikasi Mikoriza Arbuskula Terhadap Serapan Fosfor, Pertumbuhan dan Produksi Galur Kedelai Hitam di Inceptisol
Nama Mahasiswa : Muhimmatul Khairiyah
NIM : 155040200111198
Jurusan : Tanah
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.
NIP. 19610701 198703 1 002

Pembimbing Pendamping,

Dr. Heru Kuswantoro, SP., MP.
NIP. 19690323 199903 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Tanah



Tanggal Persetujuan: 27 JAN 2020

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Novalia Kusumarini, SP., MP.
NIP. 19891108 201504 2 001

Penguji II



Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.
NIP : 19610701 198703 1 002

Penguji III



Dr. Heru Kuswantoro, SP., MP.
NIP. 19690323 199903 1 001

Penguji IV



Dr. Ir. Retno Suntari, MS.
NIP. 19580503 198303 2 002

Tanggal Lulus: **28 FEB 2020**

Man Jadda Wajada

(Barang siapa yang bersungguh-sungguh maka ia akan berhasil)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebijakan) yang dikerjakannya dan dia mendapat (siksa) dari (kejahanatan) yang diperbuatnya. (Mereka berdoa), Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami melakukan kesalahan. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami, maka tolonglah kami menghadapi orang-orang kafir."

(QS. Al-Baqarah 2: Ayat 286)



RINGKASAN

Muhimmatul Khoiriyah. 155040200111198. Aplikasi Mikoriza Arbuskula Terhadap Serapan Fosfor, Pertumbuhan dan Produksi Galur Kedelai Hitam pada Inceptisol. Dibawah bimbingan Budi Prasetya sebagai Pembimbing Utama dan Heru Kuswantoro sebagai Pembimbing Pendamping.

Galur kedelai hitam hasil persilangan varietas unggul Korea dengan varietas unggul Indonesia merupakan salah satu alternatif perbaikan dan pembaharuan kedelai hitam. Tanah di BALITKABI termasuk jenis tanah Inceptisol. Umumnya, Inceptisol adalah tanah masam dengan kandungan liat yang tinggi. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskula (MA) dapat menjadi salah satu alternatif tambahan perlakuan untuk lebih meningkatkan hasil kedelai hitam. MA bagi tanaman dapat memperluas areal serapan air dan unsur hara melalui pembentukan misellium disekeliling akar. Oleh karena itu, studi ini dilakukan untuk meneliti interaksi antara kombinasi galur kedelai hitam dan pemberian MA (*Glomus* sp.) pada taraf tertentu dengan pembanding varietas Detam-1 dalam menghasilkan serapan P, pertumbuhan dan hasil kedelai hitam.

Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Penelitian ini menggunakan galur kedelai hitam (Detam-1 (G1), Geongjeongsaelon/Argomulyo-9 (G2), Geongjeongsaelon/Argomulyo-88 (G3) Daewon/Argomulyo-36 (G4), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5)) sebagai faktor pertama dan pemberian mikoriza *Glomus* sp. dengan 4 taraf (kontrol, 50 spora, 100 spora, dan 150 spora) sebagai faktor kedua. Dari kedua faktor tersebut didapatkan 20 kombinasi perlakuan. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF). Pelaksanaan kegiatan penelitian meliputi: persiapan tanah, ekstraksi mikoriza, penanaman, pemeliharaan, dan pemanenan. Parameter yang diamati antara lain, analisis dasar tanah, parameter tanaman, dan parameter mikoriza. Analisis data dilakukan dengan ANOVA, apabila didapatkan pengaruh nyata, maka data diuji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) 5%. Untuk mengetahui keeratan hubungan antar variabel dilakukan uji korelasi menggunakan *software Genstat* 12th, nilai korelasi yang signifikan (>r tabel 5%) dilanjutkan uji regresi menggunakan *Microsoft Excel* 2010.

Kombinasi galur Daewon/Argomulyo-36 dengan pemberian 150 spora MA pada umur 60 HST menghasilkan jumlah spora dan koloni MA sebesar 179,30 spora dan 66,67%. Jumlah spora dan koloni MA menjadi tolak ukur dalam keberhasilan serapan P, pertumbuhan, dan hasil kedelai hitam. Jumlah spora yang lebih tinggi menghasilkan P-tersedia yang lebih tinggi pula (31,96 ppm P₂O₅). Mikoriza dapat membantu menyerap P melalui misellium yang terbentuk disekitar perakaran. Serapan P yang dihasilkan pada 60 HST oleh Daewon/Argomulyo-36 dengan pemberian 100 spora (G4M2) dan Detam-1 dengan pemberian 150 spora (G1M3) memberikan nilai serapan yang paling tinggi, masing-masing sebesar 2,59 g tanaman⁻¹ dan 2,58 g tanaman⁻¹. Serapan P yang tinggi akan menghasilkan pertumbuhan dan hasil kedelai hitam yang lebih tinggi.

SUMMARY

Muhimmatul Khoiriyah. 155040200111198. Application of Arbuscular Mycorrhiza to Phosphorus Uptake, Growth and Yield of Black Soybean Lines in Inceptisol. Under the guidance of Budi Prasetya as the Primary Supervisor and Heru Kuswantoro as Co-Supervisor.

Black soybean lines from the crossing of Korean superior varieties with Indonesian superior varieties is one alternative for the improvement and innovation of black soybeans. The soil in Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute is Inceptisol. Generally, Inceptisol is an acidic soil with a high clay content. The using of Arbuscular Mycorrhiza (AM) can be one of the additional alternatives of treatment to further increase the yield of black soybeans. AM for plants can expand the area of water and nutrient uptake through the formation of mycelium around the roots. This study was conducted to examine the interaction between the combination of black soybean lines and number of AM (*Glomus* sp.), Detam-1 used as the check variety of the black seeded soybean to increased P uptake, growth and yield of black soybean.

The study was at Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute. The research used black seeded soybeans i.e (Detam-1 (G1), Geongjeongsaelon/Argomulyo-9 (G2), Geongjeongsaelon/Argomulyo-88 (G3) and Daewon/Argomulyo-36 (G4), and Daewon/Argomulyo-14 (G5) for first factor and the mycorrhizal *Glomus* sp. with 4 levels (control, 50 spores, 100 spores, and 150 spores) for second factor. From these two factors, 20 treatment combinations were obtained. The experimental design was a completely randomized factorial design (CRFD) with three replication. The practicing of this research include: soil preparation, mycorrhizal extraction, planting, maintenance, and harvesting. Parameters observed include, soil base analysis, plant parameters, and mycorrhizal parameters. Data were analyzed using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) a 0,05. In addition, data were analyzed by correlation analysis that describes the relationship among observed variables using Genstat 12th software, a significant correlation value (> r table 5%) followed by regression tests using Microsoft Excel 2010.

The combination of the Daewon/Argomulyo-36 line with 150 MA spores at 60 days after planting resulted in the number of MA spores and colonies amounting to 179 spores and 66,67% at 60 . The number of MA spores and colonies is a determinant in the success of P uptake, growth, and yield of black soybeans. The higher number of spores produced higher P-availability (31,96 ppm P₂O₅). Mycorrhiza could assist to absorb P through mycelium that is formed around rooting. The uptake of P at 60 days after planting produced by Daewon/Argomulyo-36 with 100 spores (G4M2) and Detam-1 by giving 150 spores (G1M3) had the highest absorption values, respectively 2,59 g of plant⁻¹ and 2,58 g plant⁻¹. High P uptake increased the growth and yield of black seeded soybeans.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Hipotesis.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Alur Pikir.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Karakteristik dan Syarat Tumbuh Kedelai Hitam.....	5
2.2. Mikoriza Arbuskula.....	10
2.3. Inceptisol	14
2.4. Interaksi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosfer Tanaman Inang.....	15
III. METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Rancangan Penelitian	17
3.4. Pelaksanaan Penelitian	19
3.5. Pengamatan dan Pengumpulan Data	22
3.6. Analisis Data	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Hasil Analisis Dasar Tanah	23
4.2. Analisis Ragam pada Parameter Pengamatan	24
4.3. Pengaruh Perlakuan Terhadap Jumlah Spora MA dan Koloni MA Tanaman Kedelai hitam	25
4.4. Pengaruh Perlakuan Terhadap P Tersedia dan Serapan P Tanaman Kedelai Hitam	27
4.5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Hitam	30
4.6. Pembahasan Umum.....	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Nomor	Keterangan	Halaman
1.	Kombinasi Perlakuan Kedelai Hitam dan Mikoriza Arbuskula.....	18
2.	Analisis Dasar Media Tanam	19
3.	Parameter, Metode, dan Waktu Pengamatan Pada Tanaman, Tanah dan Mikoriza	22
4.	Hasil Analisa Dasar Kimia Tanah BALITKABI	23
5.	Analisis Ragam pada Parameter Pengamatan	24
6.	Rata-Rata Jumlah spora MA Kedelai Biji (spora) Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST	25
7.	Rata-Rata Koloni MA Kedelai Biji (%) Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST	26
8.	Rata-Rata Ketersediaan P Kedelai hitam (ppm P_2O_5) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST	27
9.	Rata-Rata Serapan P Kedelai Biji (g tanaman ⁻¹) Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST	29
10.	Rata-Rata Tinggi Tanaman Kedelai Hitam (cm) Akibat Perlakuan Pada Berbagai Umur Tanaman	30
11.	Rata-Rata Berat Segar Tanaman Kedelai Hitam (gram) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST	32
12.	Rata-Rata Berat Kering Tanaman Kedelai Hitam (gram) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST	33
13.	Rata-Rata Jumlah Polong Kedelai Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 79 HST	35
14.	Rata-Rata Berat 100 Biji Kedelai Hitam (g) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 79 HST	36
15.	Rata-Rata Berat Biji per Tanaman Kedelai Hitam (g) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 79 HST	38
16.	Kategori Aras Koloni	57

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Keterangan	Halaman
1.	Alur pikir penelitian	3
2.	Fase ekstraradikal dan intraradikal dari pertumbuhan MA: A) Hifa MA, B) Coils, C) Vesikula, D) Arbuskula intraseluler, E) dan Spora <i>Scutellospora</i> sp..	11
3.	Spora <i>Glomus</i> sp. yang ditemukan di Pamekasan perbesaran 400 × dengan mikroskop stereo.....	12
4.	Kenampakan struktur fungi mikoriza pascapewarnaan dengan kombinasi cuka dan tinta. Hifa bercabang seperti huruf H (A) sering digunakan sebagai penciri <i>Glomus</i> . Spora berkecambah dan kemudian menjulurkan hifa ke dalam akar tanaman (B) Ujung hifa ekstraradikal membengkak dan kemudian membentuk spora (C).....	13
5.	Tinggi tanaman akibat pengaruh galur kedelai hitam	31
6.	Tinggi tanaman akibat pengaruh MA	32
7.	Hubungan Koloni MA dengan Jumlah spora MA pada 60 HST	40
8.	Spora <i>Glomus</i> sp. yang ditemukan di media tanam kedelai hitam perbesaran 400× pada 60 HST.....	40
9.	Hubungan koloni MA dengan serapan P pada 60 HST.....	41
10.	Spora <i>Glomus</i> sp. utuh perbesaran 400 × pada perlakuan: a) G2M1, b) G1M3, c) G4M2 umur 60 HST	75
11.	Dinding spora <i>Glomus</i> sp. perbesaran 400 × pada perlakuan: a) G2M1, b) G1M3, c) G4M2 umur 60 HST	75
12.	Koloni MA pada akar kedelai hitam perbesaran 400 × pada perlakuan G4M2 umur 60 HST	75
13.	Kondisi tanaman kedelai hitam pada berbagai umur: A) Umur 14 HST; B) Umur 21 HST; C) Umur 35 HST	76
14.	Kondisi tanaman kedelai pada pemanenan 60 HST: A) Perlakuan Daewon/Argomulyo-36 + 50 spora MA (G4M1); B) Geongjeongsaeol × Argomulyo-88 + 100 spora MA (G3M2); C) Detam-1 + 150 spora MA (G1M3)	76
15.	Kondisi tanaman pada umur panen 79 HST	77

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Keterangan	Halaman
1.	Kriteria Kesesuaian Agroklimat Untuk Tanaman Kedelai di Wilayah Tropika Indonesia	51
2.	Deskripsi Kedelai Detam-1 dan Argomulyo.....	52
3.	Desain Tata Letak Unit Percobaan dan Kriteria Analisa Tanah	54
4.	Karakteristik Lahan dan Iklim di Kebun Percobaan Kendalpayak	55
5.	Tahapan Metode <i>Wet-Sieving</i> dan Pewarnaan Akar	56
6.	Perhitungan Kebutuhan Pupuk Dasar dan Kerapatan Spora MA	58
7.	Perhitungan Kebutuhan Air per Polybag	60
8.	Rincian Prosedur Pengamatan Penelitian.....	61
9.	Perhitungan Tekstur Tanah	62
10.	Tabel Analisis Ragam Pada Berbagai Parameter.....	63
11.	Korelasi antar Variabel Pengamatan.....	68
12.	Kriteria Analisa Tanah	69
13.	Penetapan P Tersedia (Bray-I)	70
14.	Penetapan P Total Pengekstrak HCl 25%	71
15.	Penetapan P Tanaman Pengekstrak Asam Nitrat dan Asam Peklorat.....	72
16.	Peta Jenis Tanah Lokasi Penelitian dan Deskripsi Morfologi Tanah	73
17.	Hasil Dokumentasi Spora MA dan Koloni MA Pada Akar	74
18.	Kondisi Tanaman Kedelai Hitam	76

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ada dua macam kedelai yang berkembang di Indonesia, yaitu kedelai berbiji kuning dan kedelai berbiji hitam. Kedelai berbiji kuning lebih banyak mengandung lemak sedangkan kedelai hitam memiliki kandungan lemak lebih rendah dan memiliki kandungan protein lebih tinggi (Adie dan Krisnawati, 2013). Pemanfaatan kedelai hitam digunakan sebagai bahan baku fungsional kecap.

Kedelai hitam kurang mendapat perhatian dalam pemuliaan meskipun dari segi adaptasi lebih cocok bagi Indonesia. Varietas kedelai hitam pertama yang memiliki ukuran biji besar yang dilepas oleh Badan Litbang Pertanian pada tahun 2008 adalah Varietas Detam-1 ($14.84 \text{ g} / 100 \text{ biji}^{-1}$). Varietas Detam-1 memiliki daya hasil $2,5 \text{ ton ha}^{-1}$ (Adie *et al.*, 2009).

Produksi kedelai nasional 3 tahun terakhir (2015-2017) menunjukkan penurunan masing-masing sebesar 963,183 ribu ton, 859,65 ribu ton, dan 542,45 ribu ton biji kering. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya luas panen kedelai pada tahun 2015-2017 masing-masing seluas 614,10 ribu hektar, 576,99 ribu hektar, dan 356,98 ribu hektar (Kementerian Pertanian, 2017). Pemuliaan tanaman untuk perbaikan dan pembaharuan sifat varietas-varietas unggul kedelai hitam masih terus dilakukan menyesuaikan preferensi pengguna komoditas dan menguntungkan secara ekonomi. Proses pemuliaan untuk memperoleh varietas unggul kedelai dapat dilakukan melalui proses persilangan, seleksi terhadap galur introduksi, seleksi terhadap varietas lokal maupun melalui teknik rekayasa genetik. Seleksi terhadap kedelai hitam telah dilakukan dengan menyilangkan varietas unggul Indonesia dengan varietas unggul Korea.

Inceptisol memiliki potensi untuk pengembangan pertanian kedelai karena luas arealnya di Indonesia mencapai 70,5 juta ha (Sudirja *et al.*, 2017). Inceptisol umumnya memiliki tingkat kesuburan yang rendah dengan pH masam, kandungan liat yang tinggi dan lapisan permukaan yang mudah tercuci (Sudirja *et al.*, 2017). Pemanfaatan mikoriza dapat dijadikan salah satu alternatif untuk membantu penyerapan unsur P (Latef and Chaoxing, 2011; Karimi *et al.*, 2011; Meier *et al.*, 2012) pada tanah masam dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai hitam.

Mikoriza Arbuskula (MA) merupakan endomikoriza yang hidup dalam sel-sel akar tanaman. MA berperan penting bagi tanaman untuk memperluas areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan misellum disekeliling akar. Pembentukan misellum di sekeliling akar akan memperbesar volume jelajah sehingga kemampuan tanaman unsur hara lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak memiliki MA (Bonfante dan Genre 2010). Fungsi utama hifa pada MA untuk menyerap air dari dalam tanah, P yang terakumulasi pada hifa eksternal akan segera diubah menjadi senyawa polifosfat dengan adanya enzim fosfatase (Kiers *et al.*, 2011). Tanaman bermikorizat umumnya memiliki dua cara dalam pengambilan fosfat, yaitu pertama penyerapan terjadi secara langsung oleh akar melalui jaringan epidermis dan rhizoid akar, yang kedua terjadi secara tidak langsung melalui hifa jamur pada saat pengambilan sebagai mediasi transfer fosfat ke tanaman inang (Rangel *et al.*, 2014).

Pada tanaman kedelai, P berperan dalam pembentukan dan aktivitas bintil akar pada fase vegetatif yang akan mempengaruhi dalam pembentukan bunga, pemasakan polong, dan biji (Paradiso *et al.*, 2012). Unsur P dalam tanah berbentuk P-organik dan P-an-organik. P-anorganik umumnya dijumpai sebagai alumunium dan besi fosfat pada tanah-tanah masam sedangkan kalsium fosfat mendominasi tanah basa. Berbagai jenis asam-asam organik yang dihasilkan mikroorganisme dapat melarutkan Al, Fe, Ca, dan Mg fosfat sehingga menghasilkan pelepasan ortofosfat ke dalam larutan tanah (Cao *et al.*, 2018; Handayanto *et al.*, 2017). Oleh karena itu, studi ini dilakukan untuk meneliti interaksi antara kombinasi galur kedelai hitam dengan pemberian MA (*Glomus* sp.) pada taraf tertentu dengan pembanding varietas Detam-1 dalam menghasilkan serapan P, pertumbuhan dan produksi yang lebih baik.

1.2. Rumusan Masalah

1. Kombinasi galur kedelai hitam dengan pemberian MA mana yang dapat menghasilkan serapan P yang terbaik?
2. Bagaimana pengaruh kombinasi galur kedelai hitam dengan pemberian MA dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai hitam?

1.3. Tujuan

1. Menganalisis dan memperoleh kombinasi yang terbaik dalam menghasilkan serapan P.
2. Mengetahui dan menganalisis pengaruh kombinasi galur kedelai hitam dengan pemberian MA dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai hitam.

1.4. Hipotesis

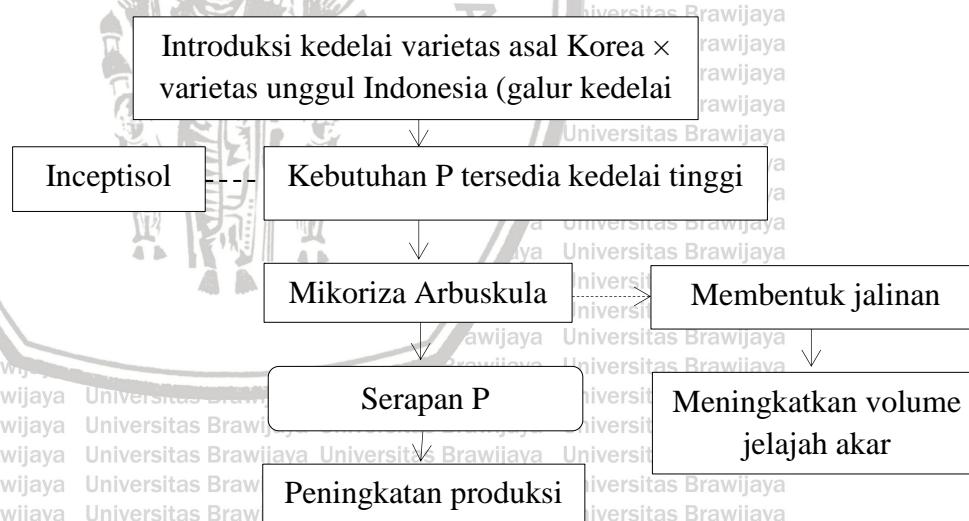
1. Kombinasi galur kedelai hitam dengan pemberian MA mampu menghasilkan serapan P yang berbeda-beda.
2. Terdapat pengaruh kombinasi galur kedelai hitam dengan pemberian MA dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai hitam.

1.5. Manfaat

Informasi yang ada dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk meningkatkan serapan P dengan pemanfaatan MA dalam upaya peningkatan hasil kedelai hitam.

1.6. Alur Pikir

Penelitian ini dilakukan berdasarkan permasalahan kebutuhan unsur P oleh tanaman kedelai tinggi ($>23 \text{ ppm } \text{P}_2\text{O}_5$). Daya hasil kedelai hitam Detam-1 tergolong tinggi ($2,5 \text{ ton ha}^{-1}$). Produksi ini akan tercapai apabila unsur P tersedia dan serapan P juga tinggi. Pemanfaatan MA dapat memperbesar volume jelajah akar tanaman kedelai sehingga dapat membantu dalam penyerapan P dan meningkatkan hasil kedelai hitam (Gambar 1).



Gambar 1. Alur pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik dan Syarat Tumbuh Kedelai Hitam

Selama 94 tahun (1918–September 2012) sejarah pemuliaan kedelai di Indonesia, Kementerian Pertanian telah melepas 73 varietas kedelai, tujuh diantaranya yaitu varietas kedelai hitam, Varietas Otau No. 27 dan Merapi dilepas pada periode awal kegiatan pemuliaan di Indonesia (1918–1938). Pada tahun 2008, dilepas 2 varietas kedelai hitam yakni Detam-1 dan Detam-2. Varietas kedelai ini potensial dikembangkan secara komersial oleh industri benih dan pangan sebagai bahan baku pembuatan kecap. Kedelai hitam di Indonesia digunakan sebagai bahan baku industri kecap. Selain meningkatkan kualitas kecap, juga berpotensi meningkatkan nilai gizi terutama kandungan proteininya.

Kulitnya yang berwarna hitam memiliki prospektif sebagai antioksidan, karenanya di negara lain seperti Jepang, Korea, Taiwan, olahan makanan berasal kedelai hitam sangat banyak dan sangat popular (Adie dan Krisnawati, 2013).

Varietas unggul kedelai hitam Detam-1 merupakan hasil seleksi persilangan galur introduksi 9837 dengan Kawi yang dilepas pada tahun 2008. Kedelai varietas Detam-1 memiliki kandungan protein tinggi yaitu 45,36% dengan potensi hasil $3,45 \text{ ton ha}^{-1}$. Umur panen kedelai varietas Detam-1 yaitu 84 hari. Salah satu ciri dari kedelai varietas Detam-1 yakni memiliki ukuran biji yang tergolong biji besar dengan berat 100 biji mencapai 14,8 g (Adie *et al.*, 2009).

Hal yang menjadi tolak ukur dari segi teknis dalam memilih varietas kedelai adalah umur tanaman dan tipe biji yang dibedakan menurut ukuran, warna, dan bentuk biji. Umur tanaman dikelompokkan menjadi 3, yaitu genjah (<80), sedang ($80\text{--}85$ hari), dan dalam (>85 hari). Menurut ukuran biji varietas kedelai dibedakan dalam varietas biji kecil ($<10 \text{ g } 100 \text{ biji}^{-1}$), sedang ($10\text{--}14 \text{ g } 100 \text{ biji}^{-1}$), dan besar ($>14 \text{ g } 100 \text{ biji}^{-1}$) (Adi *et al.*, 2013).

Varietas kedelai dengan biji yang berukuran kecil antara lain: Gepak Ijo, Gepak Kuning, Tidar, Petek, dan Lumajang Bewok. Biji berukuran sedang meliputi, Pangrango, Kawi, Leuser, Manglangyang, Kabah, Sinabung, Ijen, Selamet, Sindoro, Tanggamus, Sibayak, Nanti, Ratai, Lawit, dan Menyapa. Biji berukuran besar diantaranya adalah Bromo, Argo Mulyo, Brangrang, Anjasmoro, Grobogan, Mahameru, Baluran, Merubetiri, Panderman, Gumitir, dan Argopuro.

Kedelai yang berwarna kuning sampai cokelat lebih disukai daripada yang berwarna kehijauan. Kedelai hitam cocok untuk kecap, yang baru dilepas adalah Detam-1, Detam-2, Detam-3 Prida, dan Detam-4 Prida (Adie *et al.*, 2013)

2.1.1. Syarat tumbuh kedelai

Menurut Sumarno dan Manshuri (2013) lingkungan yang menjadi penentu keberhasilan usaha produksi kedelai adalah faktor iklim (suhu, intensitas matahari, curah dan distribusi hujan) dan kesuburan tanah yang meliputi solum tanah, tekstur, pH, ketersediaan hara, kelembaban tanah, bahan organik dalam tanah, drainase dan aerasi tanah, serta mikroba tanah). *Rhizobium* sp. juga merupakan salah satu faktor yang penting dalam pertumbuhan kedelai dan syarat tumbuh *Rhizobium* sp. sama dengan persyaratan tumbuh kedelai.

a) Faktor iklim

Kedelai tergolong tanaman hari pendek, yaitu tidak dapat berbunga apabila lama penyinaran melebihi 16 jam dan mempercepat pembungaan bila lama penyinaran kurang dari 12 jam. Varietas kedelai pada umumnya peka terhadap photo-periodisitas (lama penyinaran). Di Indonesia panjang hari pada dataran rendah (1-500 mdpl), dataran sedang (501-900 mdpl), dan dataran tinggi (901-1600 m dpl) relatif konstan dan sama, sekitar 12 jam.

Kedelai termasuk golongan strata A yang memerlukan penyinaran matahari penuh, dan tidak memerlukan naungan. Kedelai masih bisa toleransi terhadap naungan yang menahan sinar matahari hingga 20%, tetapi bila melebihi 20% tanaman mengalami etiolasi. Intensitas penyinaran yang hanya 50% dari total radiasi normal dilaporkan menekan pertumbuhan, mengurangi jumlah cabang, buku, dan polong, yang berakibat turunnya hasil biji hingga 60%.

Interaksi antara suhu-intensitas matahari-kelembaban tanah sangat menentukan laju pertumbuhan tanaman kedelai. Suhu yang sesuai untuk tanaman kedelai berkisar antara 22-27°C. Suhu berinteraksi dengan panjang penyinaran (*photo period*) dalam menentukan waktu berbunga dan pembentukan polong. Pada suhu kardinal (23-26°C), tanaman kedelai membentuk pertumbuhan organ vegetatif dan generatif maksimal dan pada suhu rendah atau suhu tinggi terjadi penghambatan pertumbuhan. Suhu di

bawah 15°C menghambat pembentukan polong. Suhu di atas 30°C berpengaruh negatif terhadap kualitas biji dan daya tumbuh benih. Pematangan biji pada suhu 20-25°C pada siang hari dan 15-18°C pada malam hari dinilai optimum untuk kualitas benih yang dihasilkan.

Kelembaban udara yang optimal bagi tanaman kedelai berkisar antara RH 75-90% selama periode tanaman tumbuh hingga pengisian polong dan kelembaban udara rendah (RH 60-70%) pada waktu pematangan polong hingga panen. Meskipun kelembaban udara tidak memiliki pengaruh yang terlalu besar terhadap pertumbuhan dan perkembangan kedelai, namun secara tidak langsung kelembaban udara berpengaruh terhadap keberadaan hama dan penyakit tertentu. Suhu udara yang agak rendah (20-22°C) dan udara kering pada saat panen sangat ideal bagi pelaksanaan panen sehingga biji kedelai bermutu tinggi.

Tanaman kedelai sangat efektif dalam memanfaatkan air yang berasal dari kelembaban tanah. Secara umum kebutuhan air untuk tanaman kedelai, dengan umur panen 100-190 hari, berkisar antara 450-825 mm, atau rata-rata 4,5 mm per hari. Dengan menggunakan data tersebut, kebutuhan air tanaman kedelai yang dipanen pada umur 80-90 hari berkisar antara 360-405 mm, setara dengan curah hujan 120-135 mm per bulan. Penyerapan air yang terbanyak terjadi pada stadia reproduktif.

b) Kesuburan tanah

Tanaman kedelai menyerap hara N, P, K, Ca, Mg, S, dan Cl yang cukup besar dari dalam tanah, tetapi kedelai umumnya kurang tanggap terhadap pemupukan secara langsung. Pada dasarnya, kedelai adalah tanaman aerobik, yang lebih sesuai pada tanah yang agak lembab dengan kadar kelembaban 70-80% kapasitas lapang, tanah berdrainase baik tetapi memiliki daya pengikat air yang baik. Oleh karena itu, tanah dengan tekstur berliat dan berdrainase baik, atau tanah lempung berpasir (*sandy loam*) yang kaya akan organik, sangat sesuai untuk tanaman kedelai. Kedelai tumbuh baik pada pH tanah yang berkisar antara 5,5-7,0 dan pH optimal 6,0-6,5.

Tanah yang ideal untuk usaha tanam kedelai adalah yang berstruktur liat berpasir, liat berdebu-berpasir, debu berpasir, drainase sedang-baik, mampu

menahan kelembaban tanah, dan tidak mudah tergenang. Kandungan bahan organik tanah sedang-tinggi (3-4%) sangat mendukung pertumbuhan tanaman, apabila hara tanahnya cukup (Lampiran 1).

2.1.2. Fase tumbuh kedelai

Pertumbuhan tanaman dibagi dalam dua fase (stadia) yakni fase vegetatif dan fase generatif (reproduktif). Fase vegetatif dilambangkan dengan huruf V, sedangkan fase generatif atau reproduktif dengan huruf R. Fase vegetatif dimulai sejak tanaman tumbuh dan umumnya dicirikan oleh banyaknya buku pada batang utama yang telah memiliki daun terbuka penuh. Fase ini berakhir manakala satu bunga telah terbentuk pada batang utama. Fase generatif dimulai dengan terbentuknya satu bunga dan diakhiri jika 95% polong telah matang (Adie dan Krisnawati, 2013).

Fase vegetatif (V) diawali pada saat tanaman muncul dari tanah dan kotiledon belum membuka (V_e). Jika kotiledon telah membuka dan diikuti oleh membukanya daun tunggal (unifoliat) maka dikategorikan fase kotiledon (V_c). Penandaan fase vegetatif berikutnya berdasarkan pada membukanya daun bertiga (trifoliat) sekaligus menunjukkan posisi buku yang dihitung dari atas tanaman pada batang utama. Fase V_1 dicirikan oleh daun tunggal dan diikuti pula oleh membukanya daun bertiga, sekaligus posisi daun bertiga yang pertama membuka disebut sebagai buku pertama. Pada V_2 bercirikan jika daun bertiga kedua (di atas daun bertiga pertama) telah membuka penuh, dan posisi ini disebut buku pertama, dan otomatis posisi daun bertiga yang ada di bawahnya dikategorikan berada pada buku kedua. Pola penentuan fase vegetatif berikutnya berdasarkan keberadaan daun bertiga dan fase ini akan berakhir setelah terbentuknya bunga, sebagai organ reproduktif (Adie dan Krisnawati, 2013).

Fase reproduktif (R) dikelompokkan ke dalam tiga fase yakni fase pembungaan, pembentukan polong, dan pematangan biji. Fase R_1 dicirikan oleh terdapatnya satu bunga mekar dalam satu tanaman. Jika telah ada dua atau lebih bunga mekar maka tanaman telah berada dalam fase R_2 . Bunga yang terbentuk pada periode awal, akan membentuk satu polong sepanjang 5 mm pada batang utama (R_3). Tanaman berada pada fase berpolong penuh (R_4) manakala telah terbentuk satu polong sepanjang 5 mm pada batang utama. Terbentuknya satu

polong sepanjang 2 cm menandakan tanaman telah berada pada fase R4. Fase R5 jika biji dalam polong berukuran sekitar 2 mm x 1 mm. Perkembangan biji dalam polong telah mengisi penuh rongga polong disebut fase R6. Periode pemasakan polong diawali adanya satu polong yang telah berwarna kuning (matang), dan fase ini pada tanaman kedelai sering juga disebut sebagai fase masak fisiologis (R7). Jika 90% polong telah berwarna coklat (matang) maka tanaman dikategorikan matang dan siap untuk dipanen (Adie dan Krisnawati, 2013).

2.1.3. Galur kedelai hitam

Kedelai hasil persilangan antara kedelai asal korea dengan varietas unggul Indonesia (Daewon/Argomulyo) menunjukkan ukuran morfologi berdasarkan panjang polong, lebar polong, tebal polong, dan tebal kulit polong masing-masing adalah 4,883 cm; 1,091 cm; 3,117 cm; dan 0,627 cm serta pada setiap polong memiliki biji antara 1 sampai 5 biji (Hidayatullah *et al.*, 2017). Percobaan kedelai adaptif lahan pasang surut yang dilaksanakan oleh BALITKABI di Kebun Percobaan (KP) Jambegede, Malang terdapat 10 galur, yaitu P1 (Cheongja 3/Argomulyo), P2 (Daemang/Lawit), P3 (Daehwang/Argomulyo), P4 (Daemang/Argomulyo), P5 (Daewon/Lawit), P6 (Daewon/Argomulyo), P7 (Daehwang/Lawit), P8 (Geongjeongsaenol/Argomulyo), P9 (Songhak/Argomulyo), dan P10 (Songhak/Lawit) yang digunakan dalam penelitian adalah hasil persilangan varietas Indonesia (Argomulyo/Lawit) dan varietas yang berasal dari Korea Selatan.

Umur masak pada penelitian berkisar antara 78–81 hari dengan rata-rata 79,2 hari. Terdapat 6 galur termasuk berumur genjah (<80 hari) yaitu galur P4, P6, P7, P8, P9, dan P10. Berat biji per tanaman dari galur yang diuji berkisar antara 11,07 g–20,81 g, dengan rata-rata 16,32 g. Galur P5(Daewon x Lawit) mempunyai berat biji per tanaman paling tinggi (20,81g). Berat 100 biji dari 10 galur hasil persilangan ini berkisar antara 11,51–18,31 g/100 biji dengan rata-rata 14,98 g/100 biji. Terdapat 6 galur yang mempunyai ukuran biji besar P1, P3, P4, P6, P8, dan P9. Galur yang mempunyai ukuran biji paling besar adalah P6 (persilangan antara Daewon/Argomulyo) dengan berat 18,31 g/100 biji (BALITKABI, 2017).

2.2. Mikoriza Arbuskula

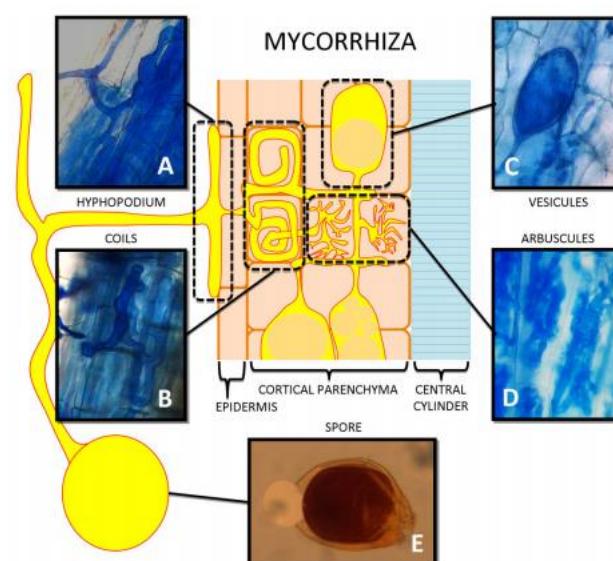
Mikoriza dapat diartikan sebagai bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dan akar tanaman yang terdapat pada jaringan korteks akar tanaman (Johri *et al.*, 2015). MA dapat bersimbiosis hampir dengan semua tanaman dan dapat ditemukan pada 80-90% tanaman (terutama rumput, tanaman pertanian, dan tanaman obat) (Berruti *et al.*, 2014). MA membentuk miselium baik didalam maupun diluar akar yang dapat memperbesar volume jelajah air, membantu penyerapan fosfor, dan perlindungan pathogen, sedangkan tanaman menyediakan glukosa untuk jamur (Bonfante and Genre, 2010).

Mikoriza dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu endomikoriza dan ektomikoriza. Ektomikoriza cendawannya menyelubungi masing-masing cabang akar sedangkan endomikoriza cendawannya hidup dalam sel-sel akar (Redecker *et al.*, 2013). Ektomikoriza merupakan fungi yang pendek, bercabang dua, dan terkadang seperti tandan rapat (Smith and Read, 2008). Endomikoriza memiliki peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman dengan meningkatkan serapan fosfor pada tanaman inang (Smith *et al.*, 2011).

Siklus hidup MA dimulai ketika spora berkecambah dan hifa tumbuh menuju akar inang. Sinyal jamur mendorong perubahan fisiologis pada tanaman inang (Maillet *et al.*, 2011), menjaga kekebalan tanaman (Kloppholz *et al.*, 2011). Sel tumbuhan secara aktif mempersiapkan lingkungan intraselulernya. MA menembus korteks parenkim inang dan membentuk cabang, yang disebut arbuscula, di mana terjadi pertukaran nutrisi. Hifa eksternal menjelajah tanah dan menyerap unsur hara. Fosfor dan nitrogen adalah unsur hara utama bersama dengan sejumlah mikronutrien yang ditransfer ke tanaman inang. Sebaliknya tanaman inang menyediakan karbon bagi MA dan disimpan dalam vesikel untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman atau spora (Bonfante and Genre 2010). Hifa yang tumbuh dari kedua spora dan dari akar inang dapat menjajah tanaman baru (Denison and Kierz, 2011).

Mikoriza Arbuskula (MA) tergolong tipe endomikoriza yang memiliki jaringan hifa masuk kedalam sel korteks akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut vesikular dan sistem percabangan hifa yang disebut arbuskul sehingga endomikoriza disebut juga *Vesicular-Arbuskular Micorrhizae*

(VAM) (Gambar 2). Vesikula merupakan struktur fungi yang berasal dari pembengkakan hifa internal, berbentuk bulat telur yang berukuran 30-50 μm sampai 80-100 μm dan berisi banyak senyawa lemak sehingga merupakan organ penyimpan cadangan makanan dan pada kondisi tertentu dapat berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan kehidupan fungi. Arbuskula merupakan hifa yang bercabang halus yang dibentuk oleh percabangan dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon di dalam sel inang. Struktur ini mulai terbentuk 2-3 hari setelah terkoloni, dimulai dengan penetrasi cabang hifa lateral yang dibentuk oleh ekstraseluler dan intraseluler ke dalam dinding sel inang (Berruti *et al.*, 2014).



Gambar 1. Fase ekstraradikal dan intraradikal dari pertumbuhan MA: A) Hifa MA, B) Coils, C) Vesikula, D) Arbuskula intraseluler, E) Spora *Scutellospora* sp. (Berruti *et al.*, 2014).

Fungi yang membentuk endomikoriza dalam family *Endogonaceae*, ordo Glomales, kelas Zygomycetes terdiri dari 6 genera yaitu: 1) *Gigaspora*, 2) *Acaulospora*, 3) *Entrophosphora*, 4) *Glomus*, 5) *Sclerocystis*, dan 6) *Scutellospora*. Jumlah dan keanekaragaman MA pada tanah-tanah mineral masam di Indonesia cukup bervariasi, namun umumnya didominasi oleh genus *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora* (Hanafiah, 2014). *Glomus* sp. adalah genus mikoriza dari family *Glomeraceae* (Gambar 3). Beberapa ciri khas dari genus ini yaitu spora terbentuk secara tunggal ataupun berpasangan dua pada terminal hifa non-gametangium yang tidak berdiferensiasi dalam sporocarp. Pada

saat dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekat oleh sebuah sekat. Spora berbentuk globose, sub-globose, ovoid, ataupun obovoid dengan dinding spora terdiri dari lebih dari satu lapis, berwarna hyaline sampai kuning, merah kecoklatan, coklat, dan hitam berukuran antara 20–400 µm (INVAM, 2017).

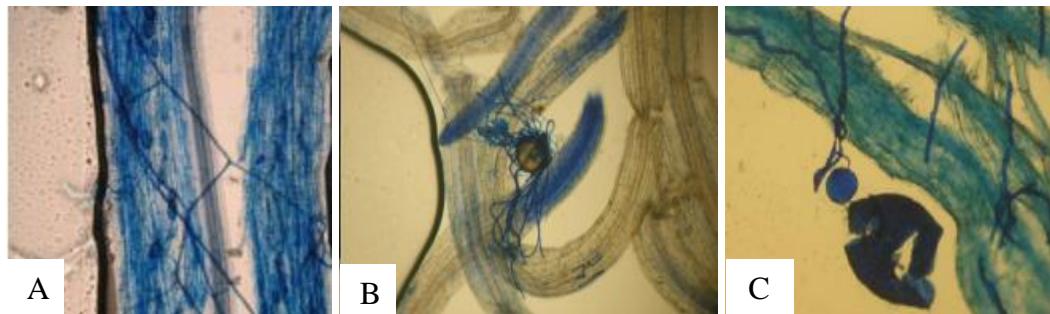


Gambar 2. Spora *Glomus hoi* perbesaran 400 × dengan mikroskop stereo (Redecker et al., 2013)

Acaulospora sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Acaulosporaceae*. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu memiliki 2-3 dinding spora, spora terbentuk di sisi samping leher sporiferous saccule, berbentuk globose hingga elips, berwarna hyaline, kuning, ataupun merah kekuningan, berukuran antara 100-400 µm (INVAM, 2017).

Scutellospora sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Gigasporaceae*. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu spora dengan atau tanpa hiasan, spora terdiri dari dinding spora yang fleksibel, struktur spora berbentuk ovoid, obovoid, pyriformis, atau irregular. Proses terbentuknya spora pada *Scutellospora* sp. sama dengan pembentukan spora pada genus *Gigaspora* sp. Pembeda genus *Gigaspora* sp. dengan *Scutellospora* sp. adalah pada *Scutellospora* sp. terdapat *germination shield* dan pada saat berkecambah hifa akan keluar dari *germination shield* tersebut (INVAM, 2017).

Gigaspora sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Gigasporaceae*. Genus ini memiliki ciri khas, antara lain yaitu spora dihasilkan secara tunggal di dalam tanah, tidak memiliki lapisan dinding spora dalam, terdapat bulbous suspensor, berbentuk globose atau sub-globose, berwarna krem hingga kuning, berukuran 125-600 µm (INVAM, 2017).



Gambar 3. Kenampakan struktur fungi mikoriza pascapewarnaan dengan kombinasi cuka dan tinta. Hifa bercabang seperti huruf H (A) sering digunakan sebagai penciri *Glomus*. Spora berkecambah dan kemudian menjulurkan hifa ke dalam akar tanaman (B). Ujung hifa ekstraradikal membengkak dan kemudian membentuk spora (C) (Foto: Nusantara, 2012)

Menurut Mulyana dan Yassir (2012) mikoriza memiliki empat peran untuk tanaman antara lain:

- Pelindung hayati (*Bioprotection*) MA mampu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen luar tanah dan membantu pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu mikoriza ‘dapat berfungsi sebagai *bioprotection* dan *biomediator*.

b. Memperbaiki nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman

Mikoriza telah terbukti dapat berasosiasi dengan sebagian tanaman melalui hifa yang diproduksinya sehingga dari hifa tersebut dapat meningkatkan kapasitas penyerapan unsur hara makro dan mikro seperti Cu, Zn, dan Bo. Mikoriza juga dapat membantu menyerap unsur hara yang tidak tersedia secara bebas atau terikat dengan tanah seperti unsur hara P. Jika tanah dalam kondisi asam atau basa fosfor berikatan dengan besi, alumunium, kalsium ataupun magnesium. Mikoriza membantu melepaskan ikatan antara fosfor dan ion-ion tersebut dengan menghasilkan enzim fosfatase.

c. Bersinergi dengan mikroorganisme lain

MA pada tanaman leguminose diperlukan karena pembentukan bintil akar dan efektivitas penambahan nitrogen dapat ditingkatkan. MA juga dapat bersinergi dengan mikroba potensial lainnya seperti bakteri penambat N bebas dan bakteri pelarut fosfat sehingga dapat meningkatkan biodiversitas mikroba potensial di sekitar perakaran tanaman.

d. Mempertahankan keanekaragaman tumbuhan

Peran dalam mempertahankan keanekaragaman tumbuhan oleh MA dengan cara transfer nutrisi satu akar ke akar tanaman lain yang berdekatan melalui struktur yang disebut “*bridge hypha*” sehingga aplikasi mikoriza tidak terbatas pada pola monokultur tetapi juga dapat diintegrasikan dalam pola polikultur.

2.3. Inceptisol

Inceptisol adalah tanah muda dan mulai berkembang. Profilnya mempunyai horizon yang pembentukannya agak lambat sebagai hasil alterasi bahan induk. Horizon-horizonnya tidak memperlihatkan hasil pelapukan yang intensif. Horizon akumulasi liat dan oksida-oksida besi dan aluminium yang jelas tidak ada pada tanah ini. Profilnya lebih berkembang dibandingkan dengan Entisols. Tanah-tanah yang dulunya dikelaskan sebagai hutan coklat, andosol dan tanah coklat dapat dimasukkan ke dalam Inceptisol. Kebanyakan Inceptisol memiliki kambik. Horizon B yang mengalami proses-proses genesis tanah seperti fisik, biologi, kimia dan proses pelapukan mineral. Perubahan ini menghasilkan struktur kubus atau gumpal bersudut (Palmer, 2005).

Inceptisol memiliki ciri berikut: a) Horizon kambik yang batas atasnya sedalam 100 cm dari permukaan tanah mineral dan batas bawahnya pada kedalaman 25 cm atau lebih di bawah permukaan tanah mineral; b) Horizon kalsik, petrokalsik, gipsik, petrogipsik, placik, atau duripan yang batas atasnya sedalam kedalaman 100 cm dari permukaan tanah mineral; c) Fragipan atau horizon oksik, sombrik atau spodik yang batas atasnya sedalam 200 cm dari permukaan tanah mineral; d) Horizon sulfurik yang mempunyai batas atas sedalam 150 cm dari permukaan tanah mineral; e) memiliki rejim suhu cryik atau gelik dan horizon kambik atau tidak terdapat bahan sulfidik di dalam 50 cm dari permukaan tanah mineral (USDA and NRCS, 2014).

Berdasarkan sifat kimia Inceptisol mempunyai ciri-ciri yaitu, pH mendekati netral atau lebih ($\text{pH} < 4$ tanah bermasalah). Kejenuhan basa kurang dari 50% pada kedalaman 1,8 m, COLE (Coefficient of Linear Extensibility) antara 0,07-0,09; kandungan Bahan Organik (BO) tinggi (1,64%-7,78%). Kandungan P potensial ($\text{P HCl } 25\%$) rendah sampai tinggi dan K potensial sangat rendah

sampai sedang. Kandungan P HCl 25% umumnya lebih tinggi daripada K potensial, baik lapisan atas maupun lapisan bawah. Kapasitas Tukar Kation (KTK) sedang sampai tinggi disemua lapisan. Kejenuhan basa (KB) rendah sampai tinggi. Sifat Fisika Inceptisol sebagian besar menunjukkan kelas tekstur berliat dengan kandungan liat cukup tinggi (35-78%) tetapi sebagian termasuk berlempung halus dengan kandungan liat lebih rendah (18-35 %). Secara umum dapat disimpulkan kesuburan alami Inceptisol bervariasi dari rendah sampai tinggi (Damanik *et al.*, 2011).

2.4. Interaksi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosfer Tanaman Inang

Kehadiran FMA meningkatkan kualitas tanah melalui perbaikan agregasi tanah, ketersediaan unsur hara terutama P, dan ketahanan terhadap kondisi stres air (Abbaspour *et al.*, 2012; Cavagnaro *et al.*, 2015). Banyak jenis jamur yang tumbuh di hutan, baik di tanah, serasah (daun, ranting dan cabang-cabang kecil), pohon dan kayu mati, di antaranya ada yang berguna bagi tumbuhan dan makhluk hidup lainnya seperti jamur mikoriza (Ye *et al.*, 2019). Pertanaman bermikoriza menghasilkan seresah yang dengen ketebalan dan biomassa tinggi sehingga menyumbangkan bahan organik yang lebih banyak juga (Clemmensen *et al.*, 2015).

Hasil penelitian Dewi *et al.* (2016) menunjukkan bahwa mikoriza yang dapat ditemukan pada rhizosfer tanaman kopi Arabika adalah mikoriza yang menyerupai *Acaulospora* sebanyak 33 spora dan *Glomus* sp. sebanyak 26 spora. Pada tanaman kopi Robusta ditemukan 3 jenis mikoriza yang menyerupai *Acaulospora* sebanyak 37 spora dan *Glomus* sebanyak 21 spora, dan *Gigaspora* sp. sebanyak 9 spora. Mikoriza Arbuskula yang berasosiasi dengan aren dari Jawa Barat dan Banten terdapat 4 jenis, yaitu *Glomus* sp. Ditemukan 7 jenis, *Acaulospora* sp. ditemukan 5 jenis, *Scutellaspore* sp. ditemukan satu jenis, dan *Gigaspora* sp. ditemukan satu jenis (Miska *et al.*, 2016). Di lahan UB Forest mikoriza genus *Glomus* sp. ditemukan paling banyak dengan persentase 95-97% dibanding mikoriza genus lainnya seperti *Acaulospora* sp. (2-3%) dan *Gigaspora* sp (0,08%). Pada lahan Kawasan Lindung terdapat 275 spora 100 g tanah⁻¹ sedangkan untuk koloni MA yang lebih besar ditemukan pada penggunaan lahan Mahoni + Talas dan Kawasan Lindung (Akmal, 2018).

Persentase koloni pada perakaran tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 43 hari dengan inokulum campuran MA *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora margaritas* (125 spora per tanaman) mencapai 86% dan serapan P pada jaringan tanaman mencapai 1,082 ppm tanaman⁻¹ (Probosari, 2011). Campuran mikroba (*Rhizobium* sp., *Azospirillum* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Ocrobactrum pseudogrimonense*) pada pertumbuhan kedelai dengan dosis 15 g kg⁻¹ benih meningkatkan diameter batang (5,66 mm) dan koloni MA (37,92%). Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dengan dosis 20 g tanaman⁻¹ meningkatkan tinggi tanaman 6 MST (52,78 cm) dan koloni MA (47,91%). Interaksi keduanya dapat meningkatkan berat bintil akar (0,23 g) dan jumlah bintil akar efektif (7,33 bintil) pada pemberian FMA 40 g tanaman⁻¹ dan *rhizobium* 15 g kg⁻¹ benih (Oktaviani *et al.*, 2014).

Jenis MA yang diperoleh dari *trapping* menggunakan media campuran tanah, zeolit dan akar tanaman inang dari tanaman kedelai adalah *Glomus macrocarpum*, *Acaulospora scrobiculata* dan *Glomus fecundisporum* sedangkan yang berasal dari akar tanaman jagung diperoleh MA jenis *Glomus clarum* dan *Acaulospora tuberculata*. Inokulasi MA yang berasal dari rhizosfer jagung paling kompatibel dengan kedelai Varietas Tangamus dibanding dari tanaman kudzu (*Pueraria javanica*), sorgum, dan kedelai. Inokulasi MA dari rhizosfer jagung pada budidaya jenuh air juga dapat meningkatkan serapan hara P, kadar P tanaman, efisiensi relative inokulan, jumlah polong isi, dan berat biji kedelai varietas Tangamus (Muis *et al.*, 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI), Malang, Jawa Timur yang terletak pada titik koordinat $8^{\circ} 2' 56,4''\text{LS}$ $112^{\circ} 37' 30''\text{BT}$ dengan elevasi 445 mdpl (Lampiran 4). Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Mei sampai September 2019. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Biologi, Laboratorium Fisika, dan Laboratorium Kimia jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penanaman dan perawatan tanaman kedelai adalah polybag (ukuran lebar 30 cm \times tinggi 35 cm), gelas ukur, meteran, kertas label, dan form pengamatan. Alat untuk pengamatan laboratorium meliputi saringan 2 mm, 500 μm , 45 μm , tabung sentrifugasi, fial film, *beaker glass*, cawan petri, mikroskop stereo, pipet mikro, botol *sprayer*, kaca preparat, kaca penutup, mesin pengocok, *oven*, dan spektrofotometer.

Bahan penelitian ini menggunakan benih galur kedelai hitam (Geongjeongsaenol/Argomulyo-9, Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 dan Daewon/Argomulyo-36, dan Daewon/Argomulyo-14), benih kedelai varietas Detam-1, MA, media tanam dari tanah di BALITKABI, pupuk Urea, dan pupuk KCl. Bahan yang digunakan untuk analisis MA adalah *aquadest* sebagai pelarut dan air gula 60%, sedangkan bahan untuk menghitung koloni MA menggunakan akar tanaman kedelai, KOH 10%, HCl 2%, dan *trypanblue* dalam laktofenol 0,05%. Bahan untuk analisis kimia yaitu, *aquadest*, sampel tanah, sampel tanaman yang telah dioven dan digrinder, Pengekstrak Bray-1, HCl, Asam Nitrat, Asam Peklorat.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) yang terdiri dari dua faktor, yaitu jenis kedelai hitam (G) sebagai faktor pertama yang terdiri dari lima jenis kedelai hitam dan faktor kedua satu jenis MA (M) yang terdiri dari 4 taraf perlakuan.

Faktor 1. Jenis kedelai hitam:

G1 = Detam-1

G2 = Geongjeongsaenol/Argomulyo-9

G3 = Geongjeongsaenol/Argomulyo-88

G4 = Daewon/Argomulyo-36

G5 = Daewon/Argomulyo-14

Faktor 2. Mikoriza Arbuskula:

M0 = Tanpa Mikoriza Arbuskula (kontrol)

M1 = Mikoriza Arbuskula 50 spora per polybag (25 g tanah spora)

M2 = Mikoriza Arbuskula 100 spora per polybag (50 g tanah spora)

M3 = Mikoriza Arbuskula 150 spora per polybag (75 g tanah spora)

Berdasarkan kedua faktor tersebut diperoleh 20 kombinasi perlakuan (Tabel 1). Setiap kombinasi perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh 60 kombinasi perlakuan dengan masing-masing ulangan terdiri dari 2 polybag. Total polybag yang digunakan adalah 120 polybag. Desain tata letak unit percobaan disajikan pada Lampiran 3.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Kedelai Hitam dan Mikoriza Arbuskula

Kode Kombinasi	Jenis Kedelai Hitam	Taraf Mikoriza
G1M0		Kontrol
G1M1	Detam-1	50 spora
G1M2		100 spora
G1M3		150 spora
G2M0		Kontrol
G2M1	Geongjeongsaenol/Argomulyo-9	50 spora
G2M2		100 spora
G2M3		150 spora
G3M0		Kontrol
G3M1	Geongjeongsaenol/Argomulyo-88	50 spora
G3M2		100 spora
G3M3		150 spora
G4M0		Kontrol
G4M1	Daewon/Argomulyo-36	50 spora
G4M2		100 spora
G4M3		150 spora
G5M0		Kontrol
G5M1	Daewon/Argomulyo-14	50 spora
G5M2		100 spora
G5M3		150 spora

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan media tanam dan MA

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis tanah Inceptisol (Lampiran 4) yang berada di BALITKABI dan tanah yang akan digunakan harus dikeringangkan terlebih dahulu selama ±3 hari. Lalu, tanah tersebut disterilkan menggunakan metode uap selama 5-6 jam yang dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang, Jawa Timur.

Setelah itu menganalisis dasar pH tanah, N-total, P-tersedia, P-total, K-total, KTK, K-dd, Na-dd, Ca-dd, Mg-dd, KB, C-Organik, Bahan Organik, C/N, tekstur tanah, dan berat isi (Tabel 2). Memasukkan tanah yang telah disterilkan dalam masing-masing polybag seberat 6 kg (setara kering angin).

Sampel MA yang digunakan berasal dari perbanyakan spora mikoriza *Glomus* sp. dengan kerapatan spora 2 spora g⁻¹. Untuk mendekati total MA yang digunakan terdapat 4 taraf penimbangan yaitu setara 0 g, 25 g, 50 g, dan 75 g tanah spora (Lampiran 6a).

Tabel 2. Analisis Dasar Media Tanam

No	Parameter	Satuan	Metode
1	pH tanah	-	pH meter
2	N-Total	%	Kjeldhal
3	P Tersedia	Ppm P ₂ O ₅	Pengekstrak Bray-I
4	P-Total	mg 100 g ⁻¹	Pengekstrak HCl 25%
5	K-Total	me 100 g ⁻¹	Perkolasi NH ₄ OAc 1N pH 7
6	KTK	me 100 g ⁻¹	
7	K-dd	me 100 g ⁻¹	
8	Na-dd	me 100 g ⁻¹	
9	Ca-dd	me 100 g ⁻¹	Flamefotometer
10	Mg-dd	me 100 g ⁻¹	
11	KB	%	<u>(K-dd+Na-dd+Ca-dd+Mg-dd)</u> × 100%
12	C-Organik	%	KTK
13	Bahan Organik	%	Walkley and Black
14	C/N	-	C-Organik × 1,724
15	Tekstur tanah	-	C-Organik
16	Berat Isi	g cm ⁻³	N-Total
			Pipet
			Silinder

3.4.2. Penanaman

Penanaman dilakukan dengan menyal tanah sedalam 3 cm kemudian memasukkan tanah berspora MA dan benih kedelai sebanyak 2 benih per polybag lalu menutup kembali dengan tanah.

3.4.3. Pemeliharaan

a) Pemupukan

Berdasarkan rekomendasi BALITKABI (2014) tanaman dipupuk dengan 50 kg ha⁻¹ Urea (setara 0,14 g polybag⁻¹) dan 100 kg ha⁻¹ KCl (setara 0,29 g polybag⁻¹) (Lampiran 6a). Pupuk dasar Urea dan KCl diberikan dua minggu setelah tanam. Pupuk diberikan pada jarak 5-7 cm di sebelah tanaman dengan cara menugal tanah sedalam 3 cm dan ditutup kembali dengan tanah.

b) Penyiraman

Penyiraman dilakukan dengan cara menjaga kondisi tanah pada kapasitas lapangan dengan cara menambahkan jumlah air. Untuk mengetahui jumlah air yang harus ditambahkan pada polybag maka terlebih dahulu melakukan perhitungan kadar air kapasitas lapangan (pF 2,5) menggunakan kaolin box. Selanjutnya melakukan perhitungan kadar air pada titik layu permanen (pF 4,2) dengan menggunakan *pressure plate*. Volume pemberian air disetarakan 1,74 liter menggunakan gelas ukur (Lampiran 7). Penetapan jumlah air yang harus ditambahkan dilakukan dengan metode gravimetri dengan rumus:

$$\text{Jumlah air yang harus ditambahkan} = \text{pF } 2,5 - \text{pF } 4,2$$

c) Penyirangan

Penyirangan gulma dilakukan saat ada gulma yang tumbuh di polybag, penyirangan dilakukan secara manual dengan langsung mencabut gulma yang tumbuh disekitar tanaman utama yang mengganggu pertumbuhan tanaman.

3.4.4. Pemanenan

Pemanenan dilakukan dua tahap, yaitu destruktif pertama dan destruktif kedua. Destruktif pertama dilakukan pada saat tanaman umur 60 HST dengan cara membongkar polybag dan mengeluarkan tanaman dengan hati-hati agar tidak merusak perakaran untuk koloni MA, kemudian diletakkan secara berdiri dan tidak ditumpuk supaya kedelai tidak lembab. Sampel tanah untuk perhitungan jumlah spora diambil pada sekitar perakaran. Untuk pemanenan destruktif kedua dilakukan pada saat tanaman umur 79 HST, kedelai yang telah dipanen kemudian

dijemur agar polong menjadi kering. Setelah itu biji kedeleai dipipil dan dijemur kembali selama 3 hari (berat biji 12%).

3.4.5. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilaksanakan pada masa panen destruktif pertama adalah pengamatan jumlah spora MA, koloni MA, dan pengamatan pH, P tersedia, dan serapan P. Sampel yang digunakan dalam pengamatan jumlah spora MA yaitu media tanam pada masing-masing perlakuan. Masing-masing perlakuan diambil sampel sebanyak 100 g perlakuan⁻¹ dan selanjutnya dipisahkan antara tanah dengan spora MA dengan metode isolasi MA menggunakan ayakan basah (*Wet Sieving*) (Lampiran 5a). Setelah dilakukan isolasi MA, spora yang diperoleh kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop stereo dan dilakukan perhitungan jumlah spora pada masing-masing perlakuan.

Untuk perhitungan koloni MA pada akar dilakukan menggunakan sampel akar tanaman inang. Pengamatan koloni MA dilakukan dengan teknik pewarnaan akar (Brundrett *et al.*, 1996). Koloni MA pada akar ini dapat diketahui melalui beberapa kriteria diantaranya sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (Lampiran 5b). Sampel akar tanaman inang diambil setelah panen. Setelah melakukan penimbangan berat basah akar, akar tanaman inang dimasukkan kedalam larutan FAA (*Formalin Alkohol Asetat*) untuk diawetkan selama periode tertentu sehingga struktur akar tanaman inang tetap terjaga dan tidak membusuk.

Pengamatan pH, P tersedia, dan serapan P dilakukan dengan pengambilan sampel media tanam dan sampel tanaman inang pada umur tanaman 60 HST (pada fase R5) yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan masing-masing analisis. Sebelum melakukan pengamatant tanah terlebih dahulu dikeringangkan selama 2-3 hari kemudian melakukan pengayakan dengan saringan bertingkat (2 dan 0,5 mm). Pengamatan pH menggunakan sampel tanah yang lolos ayakan 2 mm sedangkan pengamatan P tersedia menggunakan sampel tanah yang lolos ayakan 0,5 mm. Untuk pengukuran pH menggunakan pH meter dan P tersedia menggunakan metode Bray-I (pH media < 6,5) dan Olsen (Jika pH media > 6,5) (Lampiran 13). Pengamatan kadar P tanaman dilakukan masa panen destruktif generatif pada umur tanaman 79 HST (R10) menggunakan metode spektrofotometri dengan pengekstrak asam nitrat dan asam peklorat (Lampiran

15) sedangkan untuk mengetahui besarnya serapan P tanaman, kadar P tanaman yang telah dihasilkan dari analisis sebelumnya dikalikan dengan berat kering tanaman.

3.5. Pengamatan dan Pengumpulan Data

Parameter pengamatan dalam penelitian ini, yaitu ekstraksi untuk jumlah spora MA dan koloni MA, tinggi tanaman, jumlah polong berat biji per tanaman, dan berat 100 biji (Tabel 3). Rincian prosedur pengamatan terdapat pada Lampiran 8.

Tabel 3. Parameter, Metode, dan Waktu Pengamatan Pada Tanaman, Tanah dan Mikoriza

Objek	Parameter	Metode	Waktu
Hasil Tanaman	Tinggi Tanaman (cm)	Pengukuran manual	14-77 HST
Berat Tanaman	Searge Tanaman (g)	Timbangan analitik	60 HST
Berat Tanaman	Kering (g)	Penimbangan dengan timbangan analitik	60 HST
Jumlah Polong (buah)	Perhitungan polong isi dan hampa per tanaman	79 HST	
Berat biji per tanaman (g)	Penjemuran di bawah sinar matahari 3-5 hari dan pengukuran dengan timbangan analitik	79 HST	
Berat 100 biji (g)	Pengukuran dengan timbangan analitik	79 HST	
Serapan P (g tanaman ⁻¹)	%P × berat kering tanaman	60 HST	
Tanah	P tersedia (ppm P ₂ O ₅)	Pengekstrak Bray-1	60 HST
Mikoriza	Jumlah spora Koloni MA (%)	Wet Sieving Pewarnaan akar	60 HST

3.6. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan ANOVA untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Hasil analisis ragam yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) 5 %. Untuk mengetahui keeratan hubungan antar variabel dilakukan uji korelasi menggunakan *software* Genstat 12th, nilai korelasi yang signifikan (>r tabel 5%) dilanjutkan uji regresi menggunakan *Microsoft Excel* 2010.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis Dasar Tanah

Hasil analisis dasar kimia tanah sebelum perlakuan menunjukkan bahwa tanah tersebut dalam kondisi masam ($\text{pH } 5,93$) (Tabel 4). Perlakuan pemberian mikoriza pada tanah ini cukup sesuai karena mikoriza mampu membantu penyerapan P yang belum tersedia menjadi tersedia pada tanah masam. MA dapat bersimbiosis hampir dengan semua tanaman dan dapat ditemukan pada 80-90% tanaman (Berruti *et al.*, 2014) termasuk pada lahan masam (Sasli dan Ruliansyah, 2012).

Tabel 1. Hasil Analisa Dasar Tanah BALITKABI

No	Parameter	Hasil Analisa	Kriteria
1	pH tanah	5,93	Masam
2	N Total	0,13%	Rendah
3	P Tersedia	20,87 ppm P_2O_5	Sangat Tinggi
4	P Total	72,70 mg 100 g^{-1}	Sangat Tinggi
5	K Total	34 mg 100 g^{-1}	Sedang
6	KTK	30,53 me 100 g^{-1}	Tinggi
7	KB	32,08%	Rendah
8	K-dd	0,47 me 100 g^{-1}	Sedang
9	Na-dd	0,86 me 100 g^{-1}	Tinggi
10	Ca-dd	6,71 me 100 g^{-1}	Sedang
11	Mg-dd	1,62 me 100 g^{-1}	Sedang
12	C-Organik	2,08%	Sedang
13	C/N	16,98	Tinggi
14	Bahan Organik	3,60%	Tinggi
15	Tekstur tanah	Lempung Berpasir	-
16	Berat Isi	1,06 g cm^{-3}	-

Keterangan: Kriteria BALITTAN (2009)

Tanah yang digunakan pada penelitian termasuk tanah yang masam ($\text{pH } 5,93$) dan kandungan N total yang rendah (0,13%). Menurut Sumarno dan Manshuri (2013) pada media tanam yang digunakan termasuk kelas sesuai bersyarat untuk pertanaman kedelai. Mikoriza Arbuskula (MA) menghasilkan berbagai asam-asam organik (Cao *et al.*, 2018; Handayanto *et al.*, 2017) dan asam-asam organik melepaskan anion-anion organik OH^- pada kompleks permukaan menyebabkan peningkatan jumlah ion OH^- pada larutan tanah (Violante and Caporale, 2015) dan menyebabkan penurunan H^+ sehingga pH meningkat (Adeleke *et al.*, 2017). Berdasarkan elevasi (445 mdpl), ketersediaan P yang tinggi (20,87 ppm P_2O_5), Kejemuhan Basa yang rendah (32,08%) tanah tersebut sangat sesuai untuk penanaman kedelai, sementara kandungan K-dd (0,47

me 100 g⁻¹), Ca-dd (6,71 me 100 g⁻¹), dan Mg-dd (1,62 me 100 g⁻¹) termasuk kelas sesuai, sedangkan kandungan bahan organik tanah (C-Organik 2,08%) dan tekstur tanah (liat 12,15%) kurang sesuai untuk penanaman kedelai (Lampiran 1). C-organik digunakan mikroorganisme untuk melakukan aktivitas sebagai dekomposer bahan organik dikarenakan C-organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah seperti MA. Menurut Bonfante and Genre (2010) karbon yang disediakan oleh tanaman termasuk oleh bahan organik mendukung pertumbuhan spora MA. Ketersediaan P yang telah didapat pada analisis awal termasuk klasifikasi sedang menurut Taufiq (2014) dalam batas kritis P Bray-1 (5-23 ppm P₂O₅), sehingga penambahan P diperlukan dengan cara pemberian MA untuk membantu penyerapan P bagi tanaman kedelai.

4.2. Analisis Ragam pada Parameter Pengamatan

Hasil analisis ragam untuk tinggi tanaman, berat segar tanaman, berat kering tanaman, jumlah upolong, berat 100 biji, berat biji per tanaman menunjukkan bahwa galur kedelai berpengaruh pada parameter tersebut, sedangkan pemberian MA tidak memberikan pengaruh. Galur kedelai, pemberian MA, dan kombinasi keduanya berpengaruh terhadap P tersedia, serapan P, jumlah spora MA, dan koloni MA kecuali jumlah spora MA tidak dipengaruhi oleh galur kedelai (Tabel 5).

Tabel 2. Analisis Ragam pada Parameter Pengamatan

Parameter	F. Hitung		
	Galur Kedelai (G)	MA (M)	G × M
Tinggi tanaman 77 HST (cm)	95,37*	0,87tn	0,61tn
Berat segar Tanaman (g)	4,32*	0,33tn	0,47tn
Berat kering Tanaman (g)	9,50*	0,93tn	0,38tn
Jumlah polong	6,88*	0,26tn	0,31tn
Berat 100 biji (g)	3,59*	0,11tn	0,33tn
Berat biji per tanaman (g)	3,01*	0,32tn	0,40tn
P tersedia (ppm P ₂ O ₅)	10,51*	34,88*	7,84*
Serapan P (g tanaman ⁻¹)	8,44*	3,83*	2,13*
Jumlah spora MA	1,81tn	108,82*	3,59*
Koloni MA (%)	4,81*	69,69*	4,09*

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

4.3. Pengaruh Perlakuan Terhadap Jumlah Spora MA dan Koloni MA Tanaman Kedelai hitam

4.3.1. Jumlah Spora MA

Kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA memberikan pengaruh yang nyata jumlah MA (Lampiran 10a). P tersedia yang dihasilkan selama pemberian MA menunjukkan bahwa spora berkembang biak dengan baik. Jumlah spora tertinggi terdapat pada pemberian 150 spora mikoriza secara keseluruhan pada galur kedelai sebesar 151 spora (Tabel 15).

Tabel 3. Rata-Rata Jumlah spora MA Kedelai Biji (spora) Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST

Kedelai Hitam	Spora 100 g tanah ⁻¹			Rataan	
	MA (spora polybag ⁻¹)	M0 (0)	M1 (50)	M2 (100)	M3 (150)
Detam-1 (G1)	62 bc	87 cde	145 hi	143 hi	109
Geongjeongsaeol/Argomulyo-9 (G2)	71 bc	101 def	123 f-i	151 i	111
Geongjeongsaeol/Argomulyo-88 (G3)	57 ab	121 fgh	109 efg	135 ghi	105
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	55 ab	76 bcd	133 ghi	179 j	110
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	31 a	90 cde	120 fgh	147 hi	97
Rataan	55 a	95 b	125 c	151 d	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Kombinasi perlakuan G4M3 (Daewon/Argomulyo-14 dengan pemberian 150 spora MA) menghasilkan jumlah spora MA tertinggi sebesar 179 spora dan berbeda nyata dengan keseluruhan kombinasi perlakuan, sedangkan jumlah spora terendah didapat oleh kombinasi G5M0 (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pemberian MA maka jumlah spora MA juga lebih tinggi dibanding tanpa pemberian MA sehingga bisa membantu dalam penyediaan P dalam tanah. Tanaman menyediakan karbohidrat untuk makanan jamur mikoriza sedangkan FMA menyediakan nutrisi seperti fosfor untuk tanaman (Bonfate and Genre, 2010). Jumlah spora yang ditemukan pada penelitian Amballa and Reddy (2011) bervariasi dari 12-89 spora 10 g⁻¹ tanah pada kacang hijau dan 46-90 spora 10 g⁻¹ tanah pada kedelai.

4.3.2. Koloni MA

Galur kedelai hitam dan pemberian MA serta kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA masing-masing memberikan pengaruh yang

nyata terhadap kolonisasi MA pada akar tanaman kedelai hitam (Lampiran 10b). Nilai persentase koloni yang didapatkan dari yang terendah hingga tertinggi (Lampiran 5b). Persentase koloni MA kategori tinggi terdapat M3 pada keseluruhan galur kecuali paga galur G4, M2 pada keseluruhan galur kecuali G2 dan G4, dan M1 pada G1 (Tabel 7). Persentase koloni dipengaruhi oleh besaran jumlah spora MA yang terdapat dalam tanah. Semakin tinggi jumlah spora MA yang ditemukan maka semakin tinggi pula koloni MA pada akar.

Tabel 4. Rata-Rata Koloni MA Kedelai Biji (%) Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST

Kedelai Hitam	MA (spora polybag ⁻¹)	Rataan			
	%				
M0 (0)	M1 (50)	M2 (100)	M3 (150)		
Detam-1 (G1)	24,44 bc	60,00 fg	61,11 fg	66,67 g	53,06 c
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	18,89 ab	47,78 dey	54,44 efg	60,00 fg	45,28 b
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	17,78 ab	48,89 def	48,89 def	64,44 g	45,00 b
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	7,78 a	47,78 def	42,22 de	66,67 g	41,11 a
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	35,56 cd	34,44 cd	44,44 de	48,89 def	40,83 a
Rataan	20,89 a	47,78 b	50,22 b	61,33 c	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Kombinasi perlakuan G1M3 (Detam-1 dengan pemberian 150 spora MA) G5M3 (Daewon/Argomulyo-14 dengan pemberian 150 spora MA) dan G2M3 (Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 dengan pemberian 150 spora MA) menghasilkan koloni MA tertinggi sebesar 66,67% dan 64,44% dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan G1M1, G1M3, G3M2, dan G3M3 (Tabel 12). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pemberian MA maka koloni MA juga lebih tinggi dibanding tanpa pemberian MA sehingga bisa membantu dalam peningkatan serapan P tanaman. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Rondy *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa komposisi jamur mikoriza dapat mempengaruhi kolonisasi MA, namun persentase koloni MA pada penelitian ini lebih rendah dibanding penelitian Probosari (2011) yang menunjukkan bahwa pemberian inokulum campuran MA *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora margaritas* (125 spora per tanaman) pada tanaman kedelai varietas Argomulyo memberikan persentase

koloni sebesar 86% dan serapan P sebesar 1,082 ppm tanaman⁻¹ pada umur 43 HST. Pada penelitian Amballa and Reddy (2011) ditemukan kolonisasi MA pada akar tanaman kacang hijau berkisar antara 36,74-90,68% dan kedelai berkisar antara 23,58%-76,92%.

4.4. Pengaruh Perlakuan Terhadap P Tersedia, dan Serapan P Tanaman Kedelai hitam

4.4.1. P Tersedia

Hasil analisis ragam pada jumlah P-tersedia (ppm P₂O₅) dalam tanah menunjukkan bahwa galur kedelai hitam, pemberian MA, dan kombinasi keduanya masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap ketersediaan P dalam tanah (Lampiran 10c). Ketersediaan P akibat perlakuan menghasilkan nilai kategori tinggi dengan kisaran 25,82-31,96 ppm P₂O₅ (Tabel 8).

Tabel 5. Rata-Rata Ketersediaan P Kedelai hitam (ppm P₂O₅) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST

Kedelai Hitam	ppm P ₂ O ₅			Rataan	
	MA (spora polybag ⁻¹)				
	M0 (0)	M1 (50)	M2 (100)		
Detam-1 (G1)	28,42 e-h	28,65 e-h	28,79 fgh	28,67 d-h	
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	25,82 a	26,03 ab	27,71 c-g	29,56 hi	
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	27,20 bcd	28,94 ghi	30,94 jk	28,87 f-i	
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	26,44 abc	27,30 b-e	30,26 ij	31,96 k	
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	27,44 c-f	29,28 hi	29,78 hij	28,66 e-h	
Rataan	27,06 a	28,04 b	29,50 c	29,49 c	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Pemberian MA 100 spora (M2) dan 150 spora (M3) menghasilkan nilai P tersedia tertinggi sebesar 29,50 ppm P₂O₅ dan 29,44 ppm P₂O₅ berbeda nyata dengan tanpa pemberian MA (M0) sebesar 27,06 ppm P₂O₅. Galur kedelai hitam Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3), Daewon/Argomulyo-36 (G4), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5), dan Detam-1 (G1) berbeda nyata dengan Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2). Kombinasi perlakuan G4M3 menghasilkan nilai P tersedia tertinggi sebesar 31,96 ppm P₂O₅ dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan namun tidak berbeda nyata dengan G3M2. Galur Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2) dengan tanpa pemberian MA (M0) menghasilkan nilai P tersedia terendah sebesar 25,82 ppm P₂O₅ dan berbeda nyata

dengan seluruh perlakuan namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan G2M1 dan G4M0.

Kehadiran FMA meningkatkan kualitas tanah melalui perbaikan agregasi tanah,ketersediaan unsur hara terutama P, dan ketahanan terhadap kondisi stres air (Abbaspour *et al.*, 2012; Cavagnaro *et al.*, 2015). Perkembangan spora dapat diketahui melalui aktivitas meneralisasi unsur P pada pupuk kandang dan fosfat yang sebelumnya tidak tersedia menjadi tersedia untuk tanaman (Ukhtansyah, 2019).

Hal ini didukung oleh penelitian Astiko *et al.* (2012) yang menunjukkan pemberian dosis pupuk kandang tertinggi sebesar 2 g tanaman^{-1} dan $20\text{ g MA tanaman}^{-1}$ yang mengandung 150 spora *Glomus* sp. terhadap tanaman kedelai pada tanah pasir Lombok Utara menghasilkan nilai P tersedia tertinggi sebesar 34,83 ppm P_2O_5 pada umur 60 HST. Pada penelitian Wang *et al.* (2011) menunjukkan hasil yang berbeda yaitu, kolonisasi MA yang lebih tinggi terdapat pada kondisi ketersediaan P yang rendah, khususnya untuk HN112. Kolonisasi AMF dari HN112 meningkat dari 39,74% pada P tersedia tinggi menjadi 68,16% pada P tersedia rendah, namun nodulasi akar tinggi pada ketersediaan P yang tinggi.

4.4.2. Serapan P

Serapan P pada tanaman kedelai hitam menunjukkan bahwa galur kedelai hitam dan pemberian MA masing-masing memberikan pengaruh yang nyata serta kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan P pada tanaman (Lampiran 10d). Kombinasi G1M3 (Detam-1 dengan pemberian 150 spora MA) dan G4M2 (Daewon/Argomulyo-36 dengan pemberian 100 spora MA) memberikan serapan P tertinggi masing-masing sebesar $2,58\text{ g tanaman}^{-1}$ dan $2,59\text{ g tanaman}^{-1}$ (Tabel 9).

Tabel 6. Rata-Rata Serapan P Kedelai Biji (g tanaman^{-1}) Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST

Kedelai Hitam	g tanaman^{-1}				Rataan
	M0 (0)	MA (spora polybag $^{-1}$) M1 (50)	M2 (100)	M3 (150)	
Detam-1 (G1)	1,55 ab	2,00 abcd	2,10 bcd	2,58 d	2,06 bc
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	1,35 a	1,47 ab	1,54 ab	1,57 ab	1,48 a
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	2,05 bcd	1,67 ab	2,33 cd	2,48 cd	2,13 c
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	1,90 abc	2,03 bcd	2,59 d	2,03 bcd	2,14 c
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	1,62 ab	1,98 abcd	1,62 ab	2,04 bcd	1,82 b
Rataan	1,74 a	1,83 ab	2,03 bc	2,10 c	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Kombinasi G1M3 (Detam-1 dengan pemberian 150 spora MA) dan G4M2 (Daewon/Argomulyo-36 dengan pemberian 100 spora MA) berbeda nyata dengan seluruh perlakuan namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan G1M1, G1M2, G3M0, G3M2, G3M3, G4M1, G4M3, G5M1, dan G5M3. Nilai serapan P pada galur Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3) dan Daewon/Argomulyo-36 (G4) memiliki nilai tertinggi masing-masing sebesar $2,13 \text{ g tanaman}^{-1}$ dan $2,14 \text{ g tanaman}^{-1}$, sedangkan serapan P tertinggi akibat pemberian MA terdapat pada pemberian 150 spora MA sebesar $2,10 \text{ g tanaman}^{-1}$. Nilai serapan ini lebih besar dari serapan P pada varietas Argomulyo pada penelitian Probosari (2011) sebesar 1,082 ppm tanaman $^{-1}$ pada umur 43 HST dengan inokulum campuran MA *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora margaritas* (125 spora tanaman $^{-1}$). Inokulasi rhizobia dan/ atau jamur MA secara signifikan meningkatkan kandungan P tanaman HN112 pada N dan/ atau P tersedia rendah. Konsentrasi P tanaman HN89 hanya meningkat pada P tersedia rendah ketika diinokulasi hanya dengan FMA. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi dengan jamur MA meningkatkan kandungan P tanaman HN112 lebih dari HN89 pada P rendah serta HN112 lebih responsif pada MA masing-masing sebesar 178,97% (rhizobia), 124,90% (MA) untuk HN112 dan 51,44% (rhizobia), 102,80% (MA) untuk HN89 (Wang *et al.*, 2011).

4.5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai hitam

4.5.1. Tinggi Tanaman

Galur kedelai hitam berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 14 HST hingga 77 HST, sedangkan pemberian mikoriza tidak memberikan pengaruh yang nyata pada umur 28 HST hingga 77 HST namun memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 14 dan 21 HST. Kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA tidak memberikan pengaruh yang nyata pada tinggi tanaman (Lampiran 10e). Perkembangan MA sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman inangnya, sehingga pertumbuhan tanaman inang yang baik menjadi tolak ukur jumlah spora MA yang berkembang.

Tabel 7. Rata-Rata Tinggi Tanaman Kedelai Hitam (cm) Akibat Perlakuan Pada Berbagai Umur Tanaman

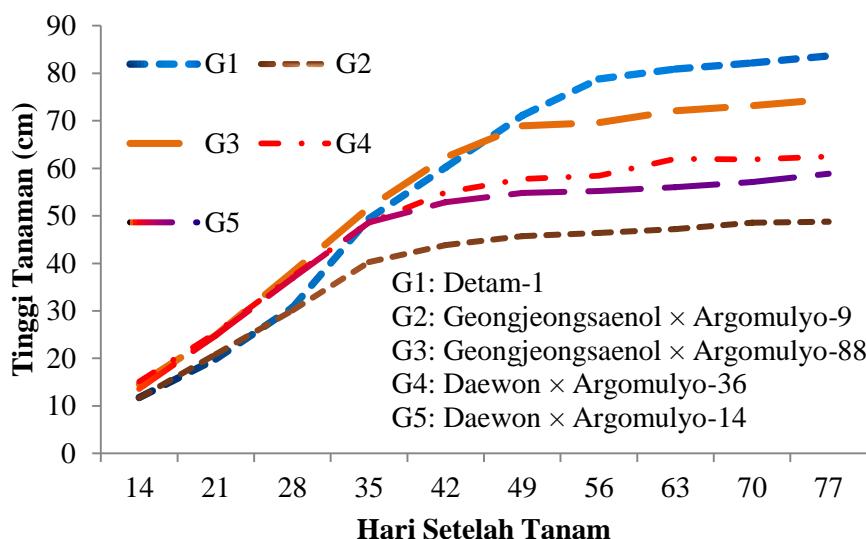
	Umur Tanaman (HST)								cm	
	14	21	28	35	42	49	56	63		
Galur Kedelai										
G1	11,73 a	19,82 a	30,64 a	49,38 b	60,17 c	71,08 c	78,75 d	80,88 e	82,16 e	83,61 d
G2	11,64 a	20,84 a	30,04 a	40,26 a	43,80 b	45,69 a	46,35 a	47,20 a	48,54 a	48,75 a
G3	14,54 c	24,87 b	38,15 b	51,77 b	62,31 b	68,96 c	69,64 c	72,09 d	73,16 d	74,55 c
G4	15,09 c	25,36 b	37,25 b	48,52 b	54,93 b	57,79 b	58,42 b	62,01 c	61,84 c	62,48 b
G5	13,56 b	24,78 b	36,88 b	48,58 b	52,86 b	54,76 b	55,22 b	55,98 b	57,07 b	58,83 b
MA (spora polybag¹)										
M0	12,58 a	22,00 a	34,70	47,59	54,59	60,19	62,51	63,93	65,49	66,37
M1	13,75 b	24,15 b	34,58	48,07	54,95	60,47	62,24	63,46	64,75	65,87
M2	13,62 b	23,33 b	35,33	48,52	56,60	60,46	62,55	64,22	65,49	66,40
M3	13,30 b	23,05 ab	33,75	46,63	53,11	57,51	59,40	62,91	62,51	63,94

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%; G1 (Detam-1), G2 (Geongjeongsaenol/Argomulyo-9), G3 (Geongjeongsaenol/Argomulyo-88), G4 (Daewon/Argomulyo-36), G5 (Daewon/Argomulyo-14), M0 (kontrol), M1 (50 spora), M2 (100 spora), M3 (150 spora). HST= Hari Setelah Tanam

Terjadi peningkatan tinggi tanaman kedelai hitam setiap minggu dari 14 HST hingga 77 HST (Gambar 5). Pada umur 14 dan 21 HST tinggi tanaman tertinggi diperoleh galur kedelai Daewon/Argomulyo-36 (G4) dengan tinggi 15,09 cm, namun G4 tidak berbeda nyata dengan Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3) pada umur 14 dan 21 HST dan tidak berbeda nyata dengan G5 pada umur 28 HST. Tinggi tanaman genotipe Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3) pada umur 28 HST menunjukkan hasil tertinggi dengan nilai 38,15 cm, namun tidak berbeda nyata dengan G4 dan G5. Pada umur 35 HST tinggi tanaman

Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3) juga menunjukkan perbedaan yang nyata dengan Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2) dengan tinggi tanaman sebesar 51,77 cm namun tidak berbeda nyata dengan galur lain (G1, G4, dan G5). Pada umur 42 HST hingga 77 HST tinggi tanaman tertinggi relatif sama terdapat pada Detam-1 dan Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3). Pemberian 50 spora MA (M1) pada tinggi tanaman umur 14 HST dan 21 HST berbeda nyata dengan M0 namun tidak berbeda nyata dengan M2 dan M3. Pemberian MA pada umur 14

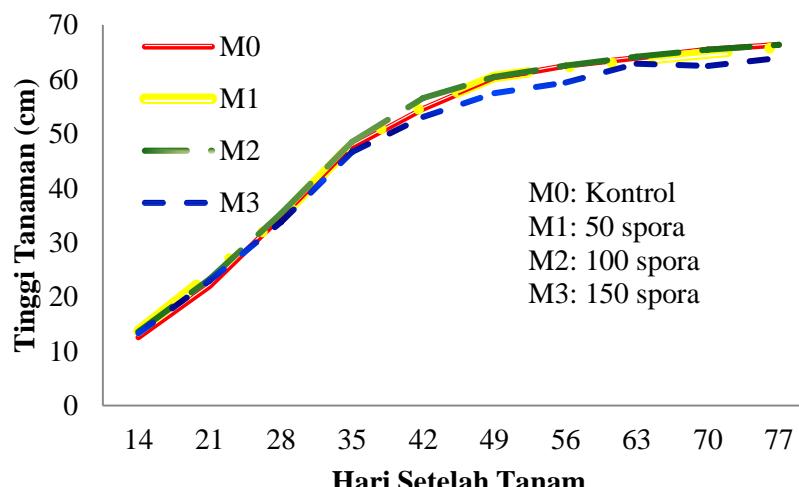
HST tidak memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman pada umur 28 HST hingga 77 HST disebabkan mikoriza mampu membantu dalam pertumbuhan sampai pada fase vegetatif awal.



Gambar 1. Tinggi tanaman akibat pengaruh galur kedelai hitam

Peningkatan tinggi tanaman tertinggi terjadi pada galur kedelai hitam Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3) dengan peningkatan 18,74 cm pada umur 35 HST (Tabel 10). Secara keseluruhan peningkatan tinggi tanaman kedelai hitam berkisar antara 8,09-18,74 cm. Pemberian 50 spora MA per polybag menunjukkan peningkatan tinggi tanaman tertinggi sebesar 13,49 pada umur tanaman 35 HST. Pada umur tanaman 77 HST tinggi tanaman tertinggi terdapat pada pemberian 100 spora MA (Gambar 5). MA dapat membantu pertumbuhan tanaman kedelai hitam terlebih pada fase vegetatif. Oktaviani *et al.* (2014) menyatakan bahwa pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dengan dosis 20 g tanaman⁻¹ meningkatkan tinggi tanaman kedelai pada umur 6 MST (52,78 cm). Pemberian mikoriza 10 g

tanaman⁻¹ mampu meningkatkan tinggi tanaman kedelai varietas Grobongan pada umur 5 MST (27,97 cm) dibanding tanpa pemberian mikoriza (Nasution *et al.*, 2013).



Gambar 2. Tinggi tanaman akibat pengaruh MA

4.5.2. Berat Segar Tanaman

Hasil analisis ragam pada variabel berat segar tanaman kedelai hitam menunjukkan bahwa galur kedelai hitam memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan pemberian mikoriza dan kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat biji per tanaman kedelai hitam (Lampiran 10f). Berat segar tanaman akibat pengaruh perlakuan galur kedelai berkisar antara 95,95-102,72 g (Tabel 11).

Tabel 8. Rata-Rata Berat Segar Tanaman Kedelai Hitam (gram) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST

Perlakuan	Berat Segar Tanaman (g)
Galur Kedelai	
Detam-1 (G1)	102,72 c
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	95,95 a
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	98,94 ab
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	99,84 bc
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	99,05 ab
MA (spora polybag⁻¹)	
Kontrol (M0)	99,92
50 spora (M1)	98,50
100 spora (M2)	99,49
150 spora (M3)	99,29

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Berat segar kedelai hitam Detam-1 (G1) sebesar 102,72 g pada umur 60 HST menunjukkan hasil nyata dan lebih tinggi dibanding galur lainnya yaitu, Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2), Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3), Daewon/Argomulyo-36 (G4), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5) (Tabel 7). Pemberian mikoriza pada penelitian ini tidak memberikan perbedaan yang nyata diduga disebabkan mikoriza hanya mampu membantu akar tanaman menyerap unsur hara melalui pembentukan misellium sampai fase vegetatif tanaman. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian Herlina *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa pemberian 50 g pot⁻¹ mikoriza *Glomus mosseae* memberikan perbedaan yang nyata terhadap berat brangkasan segar (26,52 g) dibanding tanpa pemberian mikoriza dan pemberian 50 g pot⁻¹ mikoriza *Gigaspora decipiens* pada umur 45 HST.

4.5.3. Berat Kering Tanaman
Hasil analisis ragam pada variabel berat kering tanaman kedelai hitam menunjukkan bahwa galur kedelai hitam memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan pemberian MA dan kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat kering tanaman kedelai hitam (Lampiran 10g). Berat kering tanaman akibat pengaruh perlakuan galur kedelai berkisar antara 22,35-28,85 g (Tabel 12).

Tabel 9. Rata-Rata Berat Kering Tanaman Kedelai Hitam (gram) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 60 HST

Perlakuan	Berat Kering Tanaman (g)
Galur Kedelai	
Detam-1 (G1)	28,85 c
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	25,47 a
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	27,29 b
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	27,82 bc
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	26,88 b
MA (spora polybag⁻¹)	
Kontrol (M0)	24,46
50 spora (M1)	22,35
100 spora (M2)	24,04
150 spora (M3)	23,19

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Berat kering kedelai hitam Detam-1 (G1) sebesar 28,85 g pada umur 60 HST menunjukkan hasil yang nyata dan lebih tinggi dibanding galur lainnya

yaitu, Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2), Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5) namun tidak berbeda nyata dengan Daewon/Argomulyo-36 (G4). Pemberian mikoriza pada penelitian ini tidak memberikan perbedaan yang nyata diduga disebabkan mikoriza hanya mampu membantu akar tanaman menyerap unsur hara melalui pembentukan misellium sampai fase vegetatif tanaman. Walaupun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata namun pada perlakuan kontrol menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibanding dengan adanya pemberian MA. Hasil ini sesuai dengan penelitian Karaca *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa pemberian mikoriza + 100 mg kg⁻¹ P untuk tambahan perlakuan kontrol ($M + P + S_0$) menurunkan berat kering kedelai. Penurunan hasil relatif tersebut dikaitkan dengan konsentrasi Mg dan Zn yang lebih besar yang mungkin dihasilkan dari interaksi dalam kondisi medium pertumbuhan sehingga bias memperlambat pertumbuhan.

4.5.4. Jumlah Polong

Hasil analisis ragam pada variabel jumlah polong kedelai hitam menunjukkan bahwa galur kedelai hitam memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan pemberian MA dan kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA tidak memberikan pengaruh yang nyata (Lampiran 10h). Pertumbuhan generatif tanaman kedelai terhitung sejak mulai berbunga hingga pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji. Pada fase ini sangat memerlukan unsur hara P dalam jumlah yang lebih banyak (Damanik *et al.*, 2011). Hal ini sesuai dengan pendapat Nasution *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa periode terbesar penggunaan P dimulai pada masa pembentukan polong sampai kira-kira 10 hari sebelum biji berkembang penuh.

Tabel 10. Rata-Rata Jumlah Polong Kedelai Hitam Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 79 HST

Perlakuan	Jumlah polong (buah)
Galur Kedelai	
Detam-1 (G1)	52 b
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	49 a
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	49 a
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	49 a
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	48 a
MA (spora polybag⁻¹)	
Kontrol (M0)	49
50 spora (M1)	49
100 spora (M2)	49
150 spora (M3)	50

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Jumlah polong kedelai hitam Detam-1 (G1) sebesar 52 buah pada umur tanaman 79 HST menunjukkan hasil yang nyata dan lebih tinggi dibanding galur lainnya yaitu Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2), Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3), Daewon/Argomulyo-36 (G4), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5) (Tabel 13). Hal ini sesuai dengan penelitian Sukmasari *et al.* (2017) menunjukkan bahwa rata-rata jumlah polong kedelai Detam-1 sebesar 29 buah dengan perlakuan indeks toleransi terhadap kejemuhan air dan Detam-1 termasuk tanaman kedelai yang peka. Sementara itu, dalam penelitian ini pemberian MA tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah polong (Tabel 13). Hal ini diduga disebabkan mikoriza belum mampu mengkoloni akar secara maksimal sehingga tidak mempengaruhi pertumbuhan generatif tanaman untuk membentuk biji sebagai hasil proses fotosintesis. Hasil penelitian ini sejalan penelitian Damanik *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa pemberian mikoriza 10 g tanaman⁻¹ tidak berpengaruh terhadap jumlah polong berisi, jumlah polong hampa, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji kedelai varietas Argomulyo. Pada penelitian Koyama *et al.*, (2019) menunjukkan hasil yang berbeda yaitu jumlah polong dipengaruhi oleh inokulasi MA secara langsung pada R-10 dan menunjukkan hasil tertinggi.

4.5.5. Berat 100 Biji

Hasil analisis ragam pada variabel berat 100 biji kedelai hitam menunjukkan bahwa galur kedelai hitam memberikan pengaruh yang nyata,

sedangkan pemberian MA dan kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA tidak memberikan pengaruh yang nyata (Lampiran 10i). Nilai rerata berat 100 biji berdasarkan pengaruh galur kedelai berkisar antara 11,59 g hingga 16,43 g (Tabel 14).

Tabel 11. Rata-Rata Berat 100 Biji Kedelai Hitam (g) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 79 HST

Perlakuan	Berat 100 biji (g)
Galur Kedelai	
Detam-1 (G1)	14,49 a
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	15,86 b
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	15,80 b
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	16,77 b
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	15,95 b
MA (spora polybag¹)	
Kontrol (M0)	15,78
50 spora (M1)	15,94
100 spora (M2)	15,75
150 spora (M3)	15,63

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Hasil berat 100 biji pada lima jenis kedelai hitam memiliki ukuran biji besar dikarenakan berat 100 bijinya >14 g. Galur Daewon/Argomulyo-36 (G4) memiliki ukuran biji tertinggi namun tidak berbeda nyata dengan galur Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2), Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5). Adi *et al.* (2013) menyatakan bahwa dari segi teknis, hal yang menjadi tolak ukur dalam memilih varietas kedelai adalah umur tanaman dan tipe biji yang dibedakan menurut ukuran, warna, dan bentuk biji. Umur tanaman dikelompokkan menjadi 3, yaitu genjah (<80 hari), sedang (80-85 hari), dan dalam (>85 hari). Menurut ukuran biji varietas kedelai dibedakan dalam varietas biji kecil (<10 g 100 biji⁻¹), sedang (10-14 g 100 biji⁻¹), dan besar (>14 g 100 biji⁻¹). Hasil berat 100 biji tersebut sesuai dengan penelitian BALITKABI (2017) yang menunjukkan bahwa galur yang mempunyai ukuran biji besar adalah P1 (Cheongja 3/Argomulyo), P3 (Daehwang/Argomulyo), P4 (Daemang/Argomulyo), P6 (Daewon/Argomulyo), P8 (Geongjeongsaenol/Argomulyo), dan P9 (Songhak/Argomulyo), serta ukuran biji berkisar antara 11,51-18,31 g 100 biji⁻¹ dengan P6 (Daewon/Argomulyo) memiliki ukuran biji tertinggi yaitu 18,31 g 100 biji⁻¹.

Pemberian MA tidak memberikan pengaruh diduga karena mikoriza belum mampu mengkoloni akar secara maksimal sehingga tidak mempengaruhi pertumbuhan generatif tanaman untuk membentuk biji sebagai hasil proses fotosintesis. Menurut Kuswantoro *et al.* (2014) bahwa susunan genetik tanaman dari masing-masing varietas berpengaruh terhadap ukuran biji. Selain itu, mikoriza dapat membantu tanaman kedelai sampai pada penyerapan unsur hara, khusunya P. MA berperan penting bagi tanaman untuk memperluas areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan misellium disekeliling akar. Pembentukan misellium di sekeliling akar akan mempebesar volume jelajah sehingga kemampuan tanaman menyerap air dan unsur hara lebih baik (Bonfante and Genre, 2010). Jadi mikoriza secara tidak langsung membantu pertumbuhan produksi tanaman kedelai (berat 100 biji) dengan cara membantu penyerapan unsur hara P yang lebih baik. Hasil ini sesuai dengan penelitian Koyama *et al.*, (2019) yang menunjukkan bahwa koefisien korelasi tertinggi terdapat pada kolonisasi hifa pada tahap V5 diamati dengan jumlah buku subur pada batang utama ($r=0,71$) namun kolonisasi pada tahap V5 tidak berkorelasi dengan 100 berat biji (0,47). Hasil ini menunjukkan bahwa kolonisasi R-10 meningkatkan hasil terutama melalui peningkatan buku subur dan polong, tetapi tidak untuk berat 100 biji.

4.5.6. Berat Biji per Tanaman

Hasil analisis ragam pada variabel berat biji per tanaman kedelai hitam menunjukkan bahwa galur kedelai hitam memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan pemberian MA dan kombinasi antara galur kedelai hitam dengan pemberian MA tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat biji per tanaman kedelai hitam (Lampiran 10j). Berat biji per tanaman akibat pengaruh perlakuan galur kedelai berkisar antara 16,23-20,12 g (Tabel 15).

Tabel 12. Rata-Rata Berat Biji per Tanaman Kedelai Hitam (g) Akibat Perlakuan Pada Umur Tanaman 79 HST

Perlakuan	Berat Biji per Tanaman (g)
Galur Kedelai	
Detam-1 (G1)	17,26 a
Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2)	18,51 ab
Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3)	18,16 ab
Daewon/Argomulyo-36 (G4)	19,37 b
Daewon/Argomulyo-14 (G5)	18,06 ab
MA (spora polybag¹)	
Kontrol (M0)	18,46
50 spora (M1)	18,11
100 spora (M2)	18,47
150 spora (M3)	18,05

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%;

Berat biji per tanaman kedelai hitam Daewon/Argomulyo-36 (G4) pada umur 79 HST menunjukkan perbedaan hasil yang nyata dengan Detam-1 (G1) namun tidak berbeda nyata dengan Geongjeongsaenol/Argomulyo-9 (G2), dan Geongjeongsaenol/Argomulyo-88 (G3), dan Daewon/Argomulyo-14 (G5). Hasil berat biji per tanaman tersebut sesuai dengan penelitian BALITKABI (2017) yang menunjukkan bahwa galur yang mempunyai ukuran biji besar adalah P1 (Cheongja 3/Argomulyo), P3 (Daehwang/Argomulyo), P4 (Daemang/Argomulyo), P6 (Daewon/Argomulyo), P8 (Geongjeongsaenol/Argomulyo), dan P9 (Songhak/Argomulyo), dan berat biji per tanaman galur yang diuji berkisar 11,07-20,81 g dengan P5 (Daewon/Lawit) yang memiliki berat biji per tanaman tertinggi sebesar 20,81 g.

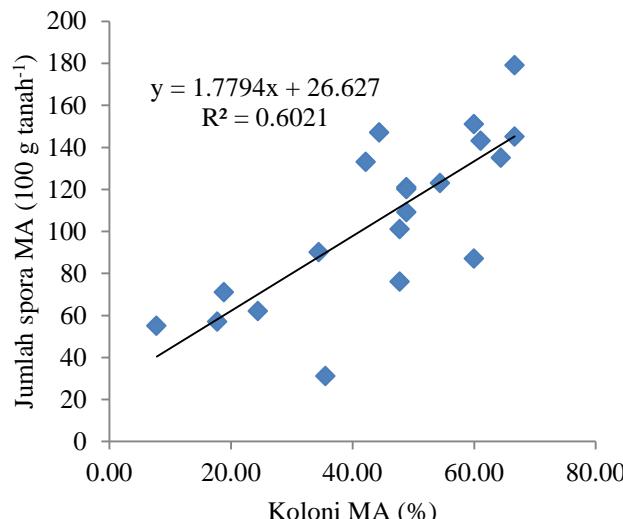
Pemberian MA tidak memberikan pengaruh diduga karena mikoriza belum mampu mengkoloni akar secara maksimal sehingga tidak mempengaruhi pertumbuhan generatif tanaman untuk membentuk biji sebagai hasil proses fotosintesis. Selain itu, mikoriza dapat membantu tanaman kedelai sampai pada penyerapan unsur hara, khususnya P. MA berperan penting bagi tanaman untuk memperluas areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan misellium di sekeliling akar. Pembentukan misellium di sekeliling akar akan mempebesar volume jelajah sehingga kemampuan tanaman menyerap air dan unsur hara lebih baik (Bonfante dan Genre 2010). Jadi mikoriza secara tidak langsung membantu pertumbuhan produksi tanaman kedelai (berat biji per tanaman) dengan cara

membantu penyerapan unsur hara P yang lebih baik. Unsur hara P ini berfungsi dalam perkembangan pembentukan polong, pembungaan, serta pemasakan biji. Hal ini sesuai dengan pendapat Paradiso *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa pada tanaman kedelai, P berperan dalam pembentukan dan aktivitas bintil akar pada fase vegetatif yang akan mempengaruhi dalam pembentukan bunga, pemasakan polong, dan biji. Defisiensi P dilaporkan menurunkan berat kering dan jumlah polong kedelai sampai 60-70% (El-Azouni, 2010).

4.6. Pembahasan Umum

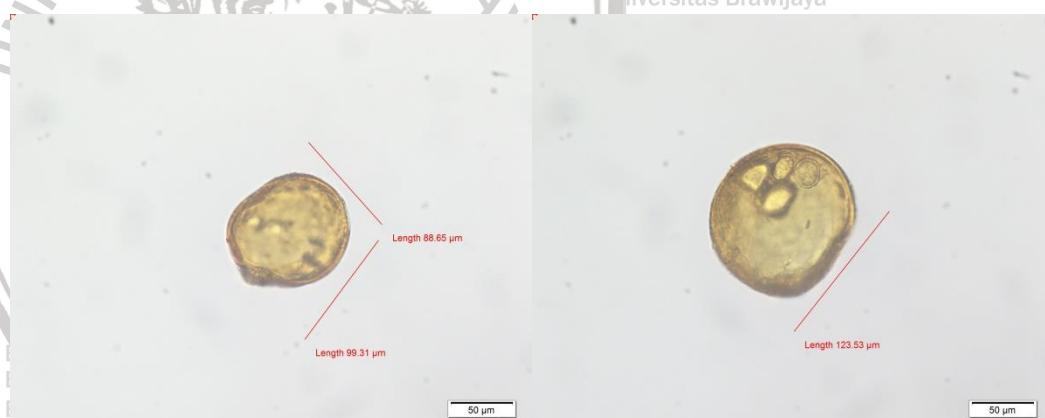
Pemberian MA mampu meningkatkan koloni MA. Peningkatan koloni MA yang semakin tinggi juga menunjukkan jumlah spora yang tinggi. Persentase koloni MA antara 7,78-66,67% pada lima galur kedelai hitam menghasilkan jumlah spora MA sebesar 31,30-179,30 spora. Secara signifikan ($>r$ tabel 5%) koloni MA dalam meningkatkan jumlah spora MA memiliki hubungan positif yang kuat ($r= 0,78$) (Lampiran 11). Hal itu menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% koloni MA dapat meningkatkan 1,78 spora MA (Gambar 7). Dari hasil uji regresi diperoleh bahwa 60,21% jumlah spora MA dipengaruhi oleh koloni MA dan 39,45% dipengaruhi oleh faktor lain.

Peningkatan pemberian MA pada taraf tertentu akan meningkatkan koloni MA. Semakin tinggi pemberian MA maka jumlah spora MA dan koloni MA semakin tinggi. Jenis kedelai hitam yang digunakan juga sangat penting untuk meningkatkan jumlah spora MA dan koloni MA pada akar tanaman. Tanaman kedelai memiliki peran penting dalam penyediaan makanan bagi spora MA. Menurut Bonfante and Genre (2010) Tanaman menyediakan karbon untuk makanan jamur mikoriza sedangkan MA menyediakan nutrisi seperti fosfor untuk tanaman. Hampir semua tanaman dapat bersimbiosis dengan jamur dan membentuk jamur mikoriza (Maltz and Treseder, 2015).



Gambar 3. Hubungan Koloni MA dengan Jumlah spora MA pada 60 HST

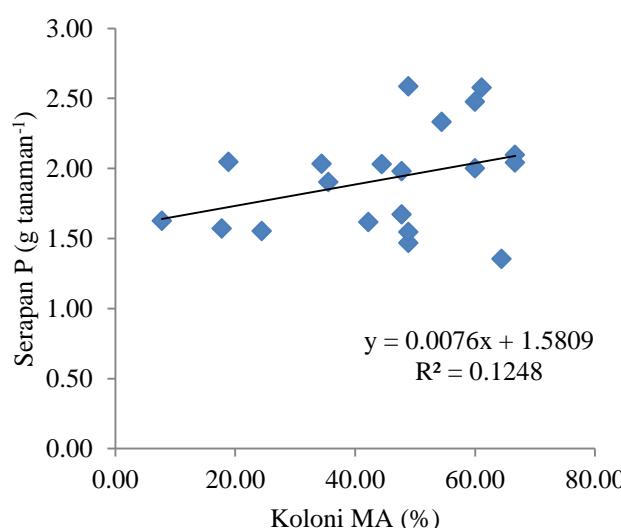
Mikoriza yang ditemukan dalam penelitian ini bergenre *Glomus* sp. dengan ukuran antara $88,65 - 123,53 \mu\text{m}$ (Gambar 8). Hal ini sesuai dengan ciri-ciri dari genus *Glomus* sp. dari family *Glomeraceae* yaitu berukuran antara $20-400 \mu\text{m}$ (INVAM, 2017). Pada tanaman kedelai umumnya ditemukan jenis spora ini. Hal ini sesuai dengan penelitian Muis *et al.* (2016) jenis MA yang diperoleh dari *trapping* menggunakan media campuran tanah, zeolit dan akar tanaman inang dari tanaman kedelai adalah *Glomus macrocarpum*, *Acaulospora scrobiculata* dan *Glomus fecundisporum* sedangkan yang berasal dari akar tanaman jagung diperoleh MA jenis *Glomus clarum* dan *Acaulospora tuberculata*.



Gambar 4. Spora *Glomus* sp. yang ditemukan di media tanam kedelai hitam perbesaran $400\times$ pada 60 HST (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Koloni MA juga mampu meningkatkan serapan P pada galur kedelai hitam. Semakin meningkat persentase koloni MA maka P yang diserap oleh

tanaman juga semakin tinggi. Persentase koloni MA kategori rendah (7,78-24,44%) menghasilkan serapan P yang lebih rendah pula ($1,55\text{-}2,05 \text{ g tanaman}^{-1}$), sedangkan galur kedelai hitam dengan persentase koloni MA kategori tinggi (54,44-66,67%) mampu menyerap P yang lebih tinggi sebesar $2,10\text{-}2,58 \text{ g tanaman}^{-1}$. Meningkatnya persentase koloni MA terjadi karena hifa eksternal yang terbentuk sudah menyebar luas kedalam area perakaran sehingga serapan P juga meningkat. Koloni MA tidak signifikan ($<\text{r tabel } 5\%$) dalam meningkatkan serapan P namun memiliki hubungan positif yang rendah ($r=0,35$) (Lampiran 11). Melalui uji regresi linier didapatkan setiap penambahan 1% koloni MA pada akar galur kedelai hitam maka serapan P tanaman bertambah $0,0076 \text{ g tanaman}^{-1}$ (Gambar 8). Besaran pengaruh koloni MA terhadap serapan P ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi ($R^2=0,1248$) yang artinya 12,48% serapan P galur kedelai hitam dipengaruhi oleh persentase koloni MA dan 87,52% lainnya dipengaruhi oleh faktor eksternal lainnya (Gambar 9).



Gambar 5. Hubungan koloni MA dengan serapan P pada 60 HST

Pemberian MA dalam mempengaruhi serapan P tidak signifikan diduga karena MA bisa membantu tanaman dalam penyerapan P sampai fase vegetatif, sedangkan pengambilan sampel destruktif pertama kedelai hitam pada fase R5.

Oktaviani *et al.* (2014) menyatakan bahwa pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dengan dosis $20 \text{ g tanaman}^{-1}$ meningkatkan tinggi tanaman kedelai pada umur 6 MST ($52,78 \text{ cm}$). Pemberian mikoriza $10 \text{ g tanaman}^{-1}$ mampu meningkatkan tinggi tanaman kedelai varietas Grobongan pada umur 5 MST ($27,97 \text{ cm}$).

cm) dibanding tanpa pemberian mikoriza (Nasution *et al.*, 2013). Bonfante and Genre (2011) menyatakan bahwa karbon yang disediakan oleh tanaman inang dan disimpan dalam vesikula akan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman dan spora.

Koloni MA pada akar tanaman dapat memperluas bidang penyerapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu-bulu akar. Hifa yang tumbuh diantara spora dan akar tanaman inang dapat menjajah tanaman baru (Denison and Kiers, 2011). Hifa yang mempenetrasi tanaman inang akan membantu mendekatkan unsur hara dari zona rhizosfer pada tanaman inang, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi lebih cepat dikarenakan serapan hara P juga lebih besar. Peningkatan serapan P oleh tanaman yang terkoloni MA sebagian besar karena MA membentuk hifa eksternal yang berfungsi sebagai sistem perakaran dan mampu menyediakan permukaan akar yang lebih efektif untuk menyerap unsur hara (Ukhtansyah, 2019).

Pertumbuhan tanaman yang optimal mempengaruhi pembentukan jumlah cabang produktif galur kedelai sehingga pembentukan polong untuk pemasakan biji juga meningkat. Pertumbuhan generatif tanaman kedelai terhitung sejak mulai berbunga hingga pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji. Pada fase ini sangat memerlukan unsur hara P dalam jumlah yang lebih banyak (Damanik *et al.*, 2011). Nasution *et al.* (2016) juga menyatakan bahwa periode terbesar penggunaan P dimulai pada masa pembentukan polong sampai kira-kira 10 hari sebelum biji berkembang penuh.

Unsur hara P adalah unsur hara kedua yang terpenting setelah unsur hara N. unsur P berperan penting dalam fotosintesis, perkembangan akar, pembentukan bunga, buah, dan biji pada kedelai (Muis *et al.*, 2016). Unsur P dalam tanah berbentuk P-organik dan P an-organik. P-anorganik umumnya dijumpai sebagai alumunium dan besi fosfat pada tanah-tanah masam sedangkan kalsium fosfat mendominasi tanah basa (Cao *et al.*, 2018). Tanaman kedelai membutuhkan unsur hara P lebih tinggi untuk berproduksi sehingga perlu dilakukan usaha untuk mengurai unsur hara P yang terikat dalam tanah. MA dalam membantu peningkatan penyerapan P untuk galur kedelai hitam secara tidak langsung dapat membantu peningkatan produksi galur kedelai hitam. Unsur P dapat menjadi

karbohidrat dan asam amino baik bagi mikoriza maupun bagi tanaman inangnya (Berruti *et al.*, 2014). Kekurangan karbohidrat pada tanaman akan menghambat pembentukan bunga dan buah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Kombinasi perlakuan G4M2 (Daewon/Argomulyo-36 dengan pemberian 100 spora) mampu menghasilkan serapan P tertinggi sebesar $2,59 \text{ g tanaman}^{-1}$.
2. Tidak terdapat pengaruh kombinasi galur kedelai hitam dan pemberian MA terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai hitam. Terdapat pengaruh galur kedelai hitam terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai hitam.

Terdapat pengaruh kombinasi galur kedelai hitam dan pemberian MA terhadap P tersedia, serapan P, jumlah spora MA, dan koloni MA pada akar.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan perlakuan selain MA dalam menghasilkan produksi tanaman yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, H., S. Saeidi-Sar, H. Afshari, and M. Abdel-Wahhab. 2012. Tolerance of Mycorrhiza Infected Pistachio (*Pistacia vera L.*) Seedling to Drought Stress Under Glasshouse Conditions. *Journal of Plant Physiology.* 169(7): 704-709.
- Adeleke, R., C. Nwangburuka, and B. Oboirien. 2017. Origins, Roles and Fate of Organic Acids in Soils: A Review. *South African Journal of Botany.* 108(3). 393-406.
- Adie, M. M. dan A. Krisnawati. 2013. Biologi Tanaman Kedelai. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Adie, M. M., N. Nugrahaeni, T. Sundari, dan Marwoto 2013. Pedoman Umum Produksi dan Distribusi Benih Sumber Kedelai. Hal: 9.
- Adie, M. M., Suharsono, dan Sudaryono. 2009. Prospek Kedelai Hitam Varietas Detam-1 dan Detam-2. *Buletin Palawija.* 18: 66-72.
- Akmal, D. A. 2018. Identification of Arbuscular Mycorrhiza in the Intercropping System of Mahogany with Seasonal Plants in UB Forest Land. [Thesis] Faculty of Agriculture, Brawijaya University Malang.
- Amballa, H. and B. N. Reddy. 2011. Occurrence and Distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Microbial Flora in The Rhizosphere Soils of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) and Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) from Adilabad, Nizamabad and Karimnagar Districts of Andhra Pradesh State, India. *Bioscience and Biotechnology.* 2(4). 275-286.
- Astiko, W., I. R. Sastrahidayat, S. Djauhari and A. Muhibbudin. 2012. The Role of Indigenous Mycorrhiza in Combinations with Cattle Manure in Improving Maize Yield (*Zea Mays* L.) on Sandy Loam of Northern Lombok, Eastern of Indonesia. *Journal of Trop Soils.* 18(1): 53-58.
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI). 2014. Panduan Teknis Budidaya Kedelai di Berbagai Kawasan Agroekosistem.
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI). 2016. Deskripsi Varietas Unggul Kedelai Tahun 1918-2016. 159-191
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI). 2017. Hasil Utama Penelitian Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2017.
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI). 2017. Balitkabi.litbang.pertanian.go.id/profil/kebun-percobaan-2/ Diakses pada 31 Januari 2019.
- Berruti, A., R. Borriello, A. Orgiazzi, C. A. Barbera, E. Lumini, and V. Bianciotto. 2014. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Value for Ecosystem Management. *Biodiversity-The Dynamic Balance of the Planet.*
- Bonfante, P. and A. Genre. 2010. Mechanisms Underlying Beneficial Plant-Fungus Interactions in Mycorrhizal Symbiosis. *Nature Communications.* 1(48): 1-11.

- Brundrett, M. C., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Cao, Y., D. Fu, T. Liu, G. Guo, and Z. Hu. 2018. Phosphorus Solubilizing and Releasing Bacteria Screening from the Rhizosphere in a Natural Wetland. *Adv. Water.* 10(2): 195-209
- Cavagnaro, T. R., S. F. Bender, H. R. Asghari, dan M. G. Heijden. 2015. The Role of Arbuscular Mycorrhizas in Reducing Soil Nutrient Loss. *Trends in Plant Science*, 20(5): 283-290.
- Clemmensen, K. E., R. D. Finlay, A. Dahlberg, J. Stenlid, D. A. Wardle, B. D. Lindahl. 2015. Carbon Sequestration is Related to Mycorrhizal Fungal Community Shifts During Long-Term Succession in Boreal Forests. *Adv. New Phytologist.* 205(4): 1-12.
- Damanik, A. F., Rosmayati, dan H. Hasym. 2013. Response of Soybean Growth and Yield by Giving of Mycorrhizal and Use of Seed Sizes in Saline Soil. *The E-Journal of Agroecotechnology.* 1(2):142-153.
- Damanik, M. M. B., E. H. Bachtiar, S. Fauzi dan H. Hanum. 2011. Kesuburan Tanah dan Pemupukan. Medan: USU Press.
- Denison, R. F. and E. T. Kiers. 2011. Life Histories of Symbiotic Rhizobia and Review Mycorrhizal Fungi. *Journal of Current Biology.* 21(18): 775-785.
- Dewi, P., A. M. Yudia, M. Sritamin, dan I. K. Suada. 2016. Vesicular Arbuscular Mycorrhizae Identification of Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.) and Robusta Coffee (*Coffea robusta* L.) Rhizosphere and Its Spore Multiplication in Zeolite Media. *The E-Journal of Tropical Agroecotechnology.* 5(2). 181-190.
- El-Azouni, I. M. 2010. Effect of Phosphate Solubilizing Fungi on Growth and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine max* L.) Plants. *J. Appl. Sci. Res.* 4(6):592-598.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Petunjuk Teknis (Edisi 2) Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Hanafiah, K. A. 2014. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada. Hal: 232.
- Handayanto, E., N. Muddarisna, dan A. Fiqri. 2017. Pengelolaan Kesuburan Tanah. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Herlina, C. N., Syafruddin, dan Zaitun. 2016. Vermicompost Doses and Mycorrhiza Types Effectivity to Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L. Merril) on Jantho's Ultisol. *J. Floratek.* 11(1); 1-9.
- Hidayatullah, A. F., S. Zubaidah, dan H. Kuswantoro. 2017. Morphological Characteristics of Soybean Seed Pods Crossed by Introducing Varieties of Korean Varieties with Indonesian Varieties. *Proceedings of the Science Education Seminar in The Learning University.* 2. 381-389.

- INVAM. 2017. International Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mychorizal Fungi (US). The Fungi: classification, nomenclature and species descriptions [Internet]. [Diakses 06 Februari 2019]; Tersedia pada: <http://invam.caf.wvu.edu>.
- Johri, A. K., R. Oelmüller, M. Dua, V. Yadav, M. Kumar, N. Tuteja, A. Varma, P. Bonfante, B. L. Persson, R. M. Stroud. 2015. Fungal Association and Utilization of Phosphate by Plants: Success, Limitations, and Future Prospects. *Journal of Frontiers in Microbiology*. 6(984): 1-13.
- Karaca, H., V. Uygur, A. Özkan, Z. Kaya. 2013. Effects of Mycorrhizae and Fertilization on Soybean Yield and Nutrient Uptake. *Journal of Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(16). 2459-2471.
- Karimi, A., H. Khodaverdiloo, M. Sepehri, M. R. Sadaghiani. 2011. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Heavy Metal Contaminated Soils. *African Journal of Microbiol Research*. 5(13): 1571–1576.
- Kementerian Pertanian. 2017. *Outlook Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Hal: 38.
- Kiers, E. T., M. Duhamel, Y. Beesetty, J. A. Mensah, O. Franken, E. Verbruggen, C. R. Fellbaum, G. A. Kowalchuk, M. M. Hart, A. Bago, T. M. Palmer, S. A. West, P. Vandenkoornhuyse, J. Jansa, H. Bücking. 2011. Reciprocal Rewards Stabilize Cooperation in the Mycorrhizal Symbiosis. *Science*. 333(6044):880-2.
- Kloppholz, S., Kuhn, H., and Requena, N. 2011. A Secreted Fungal Effector of *Glomus Intraradices* Promotes Symbiotic Biofertilization. *Curr. Biol.*, in Press.
- Koyama, T., K. Adachi, and T. Suzuki. 2019. Response of Soybean Plants to Two Inoculation Methods with Arbuscular Mycorrhizal Fungus of *Glomus* Sp. Strain R-10 Under Field Condition. *International Journal of Plant Production Science*. 22(2): 215-219.
- Kuswantoro, H., Sutrisno, W. Y. Han, P. Y. Lee, Y. H. Cho, and I. Y. Baek. 2014. Performance of Korean Soybean Varieties in Indonesia. *Korean J. Int. Agric.* 26(2):107-113.
- Latef, A. and H. Chaoxing. 2011. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth, Mineral Nutrition, Antioxidant Enzymes Activity and Fruit Yield of Tomato Grown Under Salinity Stress. *Sci Hort*. 127(3): 228–233.
- Maillet, F., V. Poinsot, O. Andre, V. Puech-Pages, A. Haouy, M. Gueunier, L. Cromer, D. Giraudet, D. ja Formey, A. Niebel. 2011. Fungal Lipochitooligosaccharide Symbiotic Signals in Arbuscular Mycorrhiza. *Nature*. 469(7328). 58–63.
- Meier, S., N. Bolan, F. Borie, P. Cornejo. 2012. Phytoremediation of Metal Polluted Soils by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Environmental Science Technology*. 42(7): 741–775.
- Miska, M. E. E., A. Junaedi, A. Wachjar., and I. Mansur. 2016. Characterization of Arbuscular Mychorrizal Fungus from Sugar Palm (*Arenga pinnata*

- (Wurmb) Merr.) West Java and Banten. *Journal of Tropical Silviculture*. 07(1): 18-23.
- Muis, R., M. Ghulamahdi, M. Melati, Purwono, and I. Mansur. 2016. Compatibility of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculants with Soybean Plants in Saturated Soil Culture. *Research of Food Crop Agriculture*. 35(3): 229-238.
- Muis, R., M. Ghulamahdi, M. Melati, Purwono, dan I. Mansur. 2016. Diversity of Arbuscular Mycorrhiza Fungi from Trapping using Different Host Plants. *Internati'l. J. Scie. Basic and Applied Research*. 27(2):158-169.
- Mulyana, O. and I. Yassir. 2012. The Relationship Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi Potency and Soil Properties in Marginal Land. *Journal of Plantation Forest Research*. 3(2): 107-115.
- Musafa, M. K., L. Q. Aini, dan B. Prasetya. 2015. The Role of Arbuscular Mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens* Bacteria to Increase P Absorption and Growth of Corn Plants in Andisols. *Journal of Land Resources*. 2(2): 191-197.
- Nasution, R. S., G. Jonatan, dan N. Rahmawati. 2016. Growth and Production Three Black Soybean Varieties with Giving Some Types of Organic Materials. *Journal of Agroecotechnology*. 4(4): 2308-2315.
- Nasution, T. H., Rosmayati, dan Y. Husni. 2013. Response of Growth and Production of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Given Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF) in Saline Land. *The E-Journal of Agroecotechnology*. 2(1): 421-427.
- Nusantara, A. D., Y. H. Bertham, and I. Mansur. 2012. Bekerja dengan Fungi Mikoriza. Bogor: SEAMEO BIOTROP.
- O'Connor P. J., S. E. Smith, and F. A. Smith. 2001. Arbuscular Mycorrhizal Associations in The Southern Southern Simpson Desert. *Aust J Bot.* 49(4):493–499.
- Oktaviani, D. Y. Hasanah, and A. Barus. Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Growth with Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Microbe Consortium. *E-Journal of Agroecotechnology*. 2(2): 905-918.
- Palmer, A. 2005. Inceptisols. Elsevier. Palmerston North, New Zealand: Massey University. 249-254.
- Paradiso, R., R. Buonomo, V. De Micco, G. Aronne, M. Palermo, G. Barbieri. 2012. Soybean Cultivar Selection for Bioregenerative Life Support Systems (BLSSs): Hydroponic Cultivation. *Space Res.* 50(11). 1501–1511.
- Probosari, R. M. 2011. Growth of Soybean (*Glicine max* (L.) Merr.) Plants Inoculated with VA Mycorrhizal Mixtures in Ultisols Land. Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi, Biologi, Sains, Lingkungan, dan Pembelajarannya Menuju Pembangunan Karakter. 487-492.

- Rajapakse, S., Jr. and J. C. Miller. 1992. Methods for Studying Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Root Colonization and Related Root Physical Properties. *Methods Microbiol.* 24: 302–316.
- Rangel, W. de M., J. Schneider, E. T. de S. Costa, C. R. F. S. Soares, L. R. G. Guilherme, and F. M. de S. Moreira. 2014. Phytoprotective Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Species Against Arsenic Toxicity in Tropical Leguminous Species. *International Journal of Phytoremediation*, 16(7-8), 840–858.
- Redecker, D., A. Schüßler, H. Stockinger, S. Stürmer, J. B. Morton and C. Walker. 2013. An Evidence-Based Consensus for the Classification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomeromycota*). *Mycorrhiza*. 23(1): 515–531.
- Rondy, J. M., M. H. Dixon, and J. D. Bever. 2016. Mycorrhizal Composition Can Predict Foliar Pathogen Colonization in Soybean. *Biological Control*. 103. 46–53.
- Sasli, I. and A. Ruliansyah. 2012. Utilization of Specific Arbuscular Mycorrhiza for Efficiency of Fertilization in Corn on Tropical Peatlands. *Journal of Agrovigor*. 5(2): 65-74.
- Smith, S. E. and Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. USA: Third ed Academic Press.
- Smith, S. E., I. Jakobsen, M. Grønlund, and F. A. Smith. 2011. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. *Plant Physiol*. 156:1050–7.
- Sudirja, R., B. Joy, A. Yuniarini, and E. Trinurani, Emma. 2017. The Inceptisol Soils Chemical Characteristic and Soybean Yield (*Glycine max L.*) due to Giving of Amelioran Materials. *Proceedings of the Seminar on the Research Results of Various Beans and Tubers 2017*; 195-205.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmasari, M. D., U. Dani, and A. A. Wijaya. 2017. Relationship Between Tolerance Index and Results on Nine Soybeans Kultivar (*Glycine max (L.) Merril*) in Saturated Soil. *Journal of Agricultural and Animal Sciences*. 5(2): 173-179.
- Sumarno dan A. G. Manshuri. 2013. Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-umbian.
- Taufiq, A. 2014. Identifikasi Masalah Keharuan Tanaman Kedelai. Malang: Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. p 27.
- Ukhtansyah, I. U. 2019. Effect of Organic Fertilizers and Natural Phosphate Rocks on Inceptisols as a Growing Media for Propagation of Arbuskular

Mycorrhizae (AM) with Various Host Plants. [Thesis]. Faculty of Agriculture, Brawijaya University Malang.

USDA (United States Department of Agriculture) and NRCS (Natural Resources Conservation Service). 2014. Keys to Soil Taxonomy: Twelfth Edition.

Violante, R. and A. G. Caporale. 2015. Biogeochemical Processes at Soil-root Interface. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 15(2). 422-448.

Wang, X., Q. Pan, F. Chen, X. Yan, and H. Liao. 2010. Effects of Co-Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Rhizobia on Soybean Growth as Related to Root Architecture and Availability of N and P. *International Journal of Mycorrhiza*. 21(3). 173–181.

Ye, L., H. Li, P. E. Mortimer, J. Xu, H. Gui, S. C. Karunaratna, A. Kumar, K. D. Hyde, and L. Shi. 2019. Substrate Preference Determines Macrofungal Biogeography in the Greater Mekong Sub-Region. *Forest*. 10(10). 824-839.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kriteriaan Kesesuaian Agroklimat Untuk Tanaman Kedelai di Wilayah Tropika Indonesia (Sumarno dan Manshuri, 2013)

Faktor agroklimat	Kriteria agroklimat			
	Sangat sesuai	Sesuai	Sesuai bersyarat	Kurang
1 a. Suhu rata-rata ¹⁾ (°C) b. Panjang hari (jam)	20-30 12-12,5	18-35 11,5-12,0	> 35 10-11	<18, >40 <10 <1000
2 Curah hujan tahunan ²⁾ (mm/th)	1500-2000	1000-2500	2500-3500	>3500
3 Curah hujan selama musim tanam kedelai ³⁾ (mm/3 bln)	300-400	200-300	100-200	<100
4 Ketersediaan irigasi pada musim kemarau	Tersedia (5-6 kali)	Cukup (3-4 kali)	Agak kurang (2-3 kali)	Tidak ada
5 Lengas tanah (%)	70-80	60-70	50-60	<50
6 Kedalaman lapisan olah tanah (cm)	>40	30-40	15-29	<15
7 a. Tekstur tanah b. Kandungan liat (%)	Agak halus- (36-43)	Sedang (43-50)	Agak kasar, (51-68)	Kasar-sangat halus Rendah- tinggi
8 Drainase	Baik	Sedang	Lambat-cepat	Rendah
9 Struktur tanah	Gembur-sedikit	Bergumpal	Berat atau bergumpal	Sangat berat- sangat ringan
10 Bahan organik tanah	Sedang-tinggi	Sedang	Agak rendah	Rendah
11 pH tanah	6,0-6,5	6,6-7,0	4,5-5,0	<4,5
12 Kandungan hara tanah N	Sedang-tinggi	Sedang	Rendah	Sangat rendah
P tersedia	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat rendah
K tersedia	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat rendah
Ca, Mg	Sedang	Sedang	Rendah	Sangat rendah
13 Kejemuhan basa (%)	> 20	15-20	10-15	< 10
14 Kejemuhan Al (%)	< 8	8-10	11-19	>20
15 Topografi (%)	Datar (1-8)	Sedikit miring (8-16)	Agak miring (17-30)	Lereng (30- 40)
16 Elevasi (m dpl)	1-700	700-1000	1000-1300	>1300
17 Naungan (%)	0-8	8-15	15-25	>25
18 Erosi	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Berat
19 Batuan di permukaan tanah (%)	Tidak ada	1-5	6-10	>10
20 Genangan	Tidak ada	Tidak ada-sebentar	Singkat, sementara	Lama

1); 2); 3): Suhu, curah hujan tahunan dan curah hujan selama pertanaman kedelai bersifat over lap (berimpit sebagian), karena kedelai memiliki kesesuaian yang cukup luas untuk faktor tersebut

Lampiran 2. Deskripsi Kedelai Detam-1 dan Argomulyo (BALITKABI, 2016)

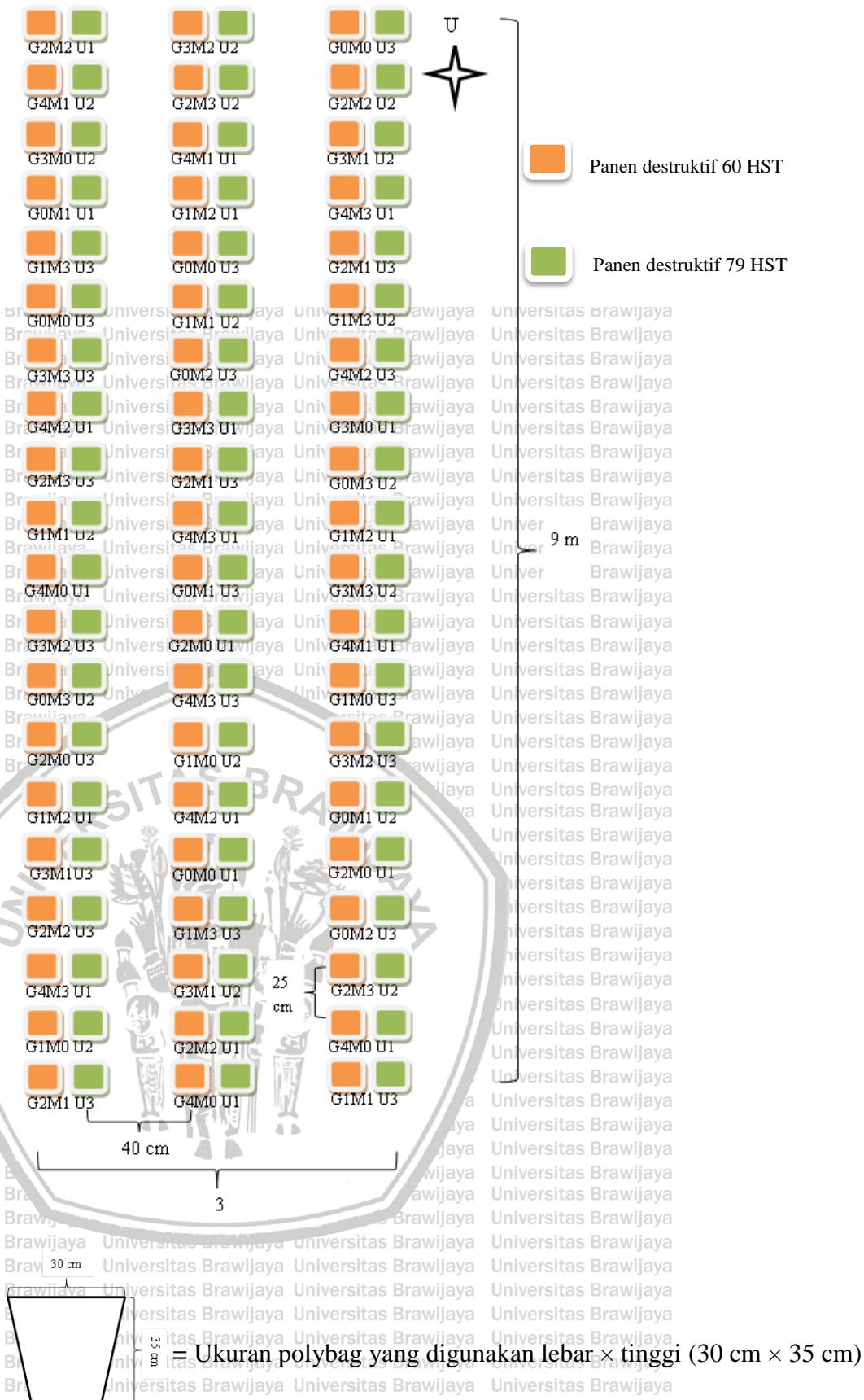
DETAM-1

Dilepas tahun	: 2008
Nomor galur	: 9837/K-D-8-185
Asal	: Seleksi persilangan galur introduksi 9837 dengan Kawi
<u>Sifat kualitatif</u>	
Tipe tumbuh	: Determimit
Warna hipokotil	: Ungu
Warna epikotil	: Hijau
Warna bunga	: Ungu
Warna daun	: Hijau tua
Warna bulu	: Coklat muda
Warna kulit polong	: Coklat tua
Warna kulit biji	: Hitam
Warna hilum	: Putih
Warna kotiledon	: Kuning
Bentuk daun	: Agak bulat
Bentuk biji	: Agak bulat
Kecerahan kulit biji	: Mengkilap
<u>Sifat kuantitatif</u>	
Umur bunga (hari)	: 35
Umur masak (hari)	: 84
Tinggi tanaman (cm)	: 58
Berat 100 biji (g)	: 14,84
Potensi hasil ($t\ ha^{-1}$)	: 3,45
Hasil biji ($t\ ha^{-1}$)	: 2,51
<u>Kandungan nutrisi</u>	
Protein (% bk)	: 45,36
Lemak (% bk)	: 33,06
Ulat grayak	: Peka
Pengisap polong	: Agak tahan
Kekeringan	: Peka
Pemulia	: M. Muchlisl Adie, Gatut Wahyu AS, Suyamto, Arifin

ARGOMULYO

Dilepas tahun	: 1998
Nomor galur	: -
Asal	: Introduksi dari Thailand, oleh PT Nestle Indonesia pada tahun 1988 dengan nama asal Nakhon Sawan 1
Daya hasil	: $1,52 \text{ t ha}^{-1}$
Warna hipokotil	: Ungu
Warna bulu	: Coklat
Warna bunga	: Ungu
Warna kulit biji	: Kuning
Warna hilum	: Putih terang
Tipe tumbuh	: Determinit
Umur berbunga	: 35 hari
Umur saat panen	: 80-82 hari
Tinggi tanaman	: 40 cm
Percabangan	: 34 cabang dari batang utama
Berat 100 biji	: 16,0 g
Kandungan protein	: 39,4%
Kandungan minyak	: 20,8%
Kereahan	: Tahan rebah
Ketahanan thd penyakit	: Toleran karat daun
Keterangan	: Sesuai untuk bahan baku susu kedelai
Pemulia	: Rodiah S., C. Ismail, Gatot Sunyoto, dan Sumarno
Benih Penjenis (BS)	: Dirawat dan diperbanyak oleh BPTP Karangploso, Malang

Lampiran 3. Desain Tata Letak Unit Percobaan dan Kriteria Analisa Tanah



Lampiran 4. Karakteristik Lahan dan Iklim di Kebun Percobaan Kendalpayak

Karakteristik	Kendalpayak
Lokasi	8° 2' 56.4"LS 112° 37' 30"BT
Total Luas Lahan (ha)	19,9
Luas Lahan Sawah (ha)	10,5
Total Luas Kering (ha)	8,8
Emplasemen (ha)	0,6
Elevasi (mdpl)	445
Tipe Iklim (Oldeman)	C2
Curah Hujan (mm/tahun)	2191
Jumlah hari hujan (hari/tahun)	116
Suhu Udara Minimum (°C)	17,5
Suhu Udara Maksimum (°C)	30
Kelembaban Udara Relatif (%)	90,5
Jenis Tanah	Inceptisol
Fraksi liat/clay (%)	48
Fraksi debu/silt (%)	33
Fraksi pasir/sand (%)	19
Kelas Tekstur	Liat
pH Lahan Sawah	5,8
pH Lahan Kering	5,8
C-organik (%)	2,8
N-total (%)	0,17
P-Bray 1 (ppm P ₂ O ₅)	37
K (me/100 g)	0,625
Ca (me/100 g)	21
Sulfur (me/100 g)	80

Sumber: <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/profil/kebun-percobaan-2/>

Lampiran 5. Tahapan Metode *Wet-Sieving* (Nusantara *et al.*, 2012) dan Pewarnaan Akar (Brundett *et al.*, 1996)

A. Metode *Wet Sieving* (Nusantara *et al.*, 2012)

1. Membuat suspensi tanah dengan 100 g sampel tanah yang dilarutkan dengan aquadest secukupnya.
2. Menyaring suspensi tersebut menggunakan saringan bersusun yaitu 2 mm, 500 µm, dan 45 µm.
3. Membilas endapan pada saringan terakir menggunakan sprayer yang berisi aquadest.
4. Mencampur endapan yang terbilas tersebut dengan 200 ml aquadest didalam *beaker glass*.
5. Setelah tercampur, mengaduk campuran tersebut hingga merata.
6. Kemudian, memasukkan suspensi tersebut kedalam 12 tabung *centrifuge* dan membaginya secara merata sampai batas $\frac{3}{4}$ tabung.
7. Setelah terbagi merata, menambahkan larutan gula 60% sebanyak $\frac{1}{4}$ tabung *centrifuge* (± 10 ml) dan di *centrifuge* dengan kecepatan 2700 rpm selama 2 menit untuk memisahkan spora dari wadah tanah dan sisa-sisa akar.
8. Setelah di *centrifuge*, mengambil bagian teratas yang paling bening menggunakan pipet hisap dan meletakkan pada saringan 45 µm.
9. Membilas endapan teratas tersebut menggunakan aquadest (air bersih) untuk menghilangkan larutan gula yang mengikat spora.
10. Kemudian menyemprot endapan tersebut menggunakan botol sprayer berisi aquadest dengan hati-hati dan ditampung pada cawan petri.
11. Setelah itu melakukan pengamatan spora menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 400 kali.

B. Metode Pewarnaan Akar (Brundett *et al.*, 1996)

1. Memilih akar halus (rambut akar) segar dengan diameter 0,2-2 mm.
2. Mencuci akar dengan air mengalir hingga bersih untuk melepaskan kotoran dan misellium luar.
3. Memasukkan akar yang telah tercuci dalam larutan KOH 10% dan memanaskannya dengan suhu 80°C selama 1-2 jam. Tujuannya adalah mengeluarkan sitoplasma dari sel akar sehingga akan memudahkan dalam pengamatan koloni MA.

4. Mencuci akar dengan air mengalir, kemudian merendamnya dalam larutan HCL 2% selama 2 menit dan mencuci akar kembali dengan air mengalir.
5. Merebus akar dalam *Trypanblue* 0,05% dengan suhu 80°C selama 3 menit dan selanjutnya merebus akar dalam larutan laktofenol selama semalam.
6. Mengambil 10 potong akar yang sudah direndam dalam *Trypanblue* dan menyusunnya di atas kaca preparat, kemudian mengamati di bawah mikroskop.
7. Mengamati akar yang terkoloni dan memasukkan dalam kriteria persentase koloni MA pada akar.

Rumus untuk menghitung persentase koloni MA pada akar adalah

$$\% \text{ Akar terkoloni} = \frac{\text{Jumlah akar yang terkoloni}}{\text{Jumlah akar yang diamati}} \times 100\%$$

Tabel 1. Kategori Aras Koloni

Rajapakse and Miller (1992)		O'Connor <i>et al.</i> (2001)	
Persen koloni	Kategori	Persen koloni	Kategori
0-5	Kelas 1	0	Tidak dikolonisasi
5-25	Kelas 2	<10	Rendah
26-50	Kelas 3	10-30	Sedang
51-75	Kelas 4	>30	Tinggi
75-100	Kelas 5		

Lampiran 6. Perhitungan Kebutuhan Pupuk Dasar dan Kerapatan Spora MA

A. Perhitungan kebutuhan pupuk dasar

Kedalaman tanah yang diambil = 20 cm

Diameter ring (d)	Panjang ring (p)	Berat total (Tb + R)	Ring (R)	Berat sampel dalam kaleng (Tb + c)	Berat sesudah oven (Tc + c)	Kaleng (c)
5,45 cm	4,9 cm	205,2 g	23,2 g	66,0 g	47,6 g	3,6 g

$$V_t = \frac{1}{4} \pi d^2 p$$

$$V_t = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 5,45^2 \text{ cm} \times 4,9 \text{ cm}$$

$$V_t = 114,25 \text{ cm}^3$$

$$Ka (\%) = \frac{(Tb+c)-(Tc+c)}{(Tc+c-c)}$$

$$Ka (\%) = \frac{66,0 \text{ g} - 47,6 \text{ g}}{(47,6 \text{ g} - 3,6 \text{ g})}$$

$$Ka (\%) = \frac{18,4 \text{ g}}{44 \text{ g}} = 0,42 \text{ g/g}$$

$$\text{Berat isi tanah} = \frac{Mp}{Ma} = \frac{(\text{Total berat}+R)-R}{1+Ka}$$

$$= \frac{205,2 \text{ g} - 23,2 \text{ g}}{1+0,42} = \frac{172 \text{ g}}{1,42}$$

$$= \frac{121,2 \text{ g}}{1,42 \text{ cm}^3} = 1,06 \text{ g/cm}^3$$

Berat tanah per polybag = 6,07 kg (kering oven)

Berat 1 HLO = luasan hektar × kedalaman tanah yang diambil × BI

$$= 10^8 \times 20 \text{ cm} \times 1,06 \text{ g/cm}^3$$

$$= 212 \times 10^7 \text{ g}$$

$$= 212 \times 10^4 \text{ kg}$$

- Dosis pupuk Urea ha^{-1}

$$\text{Dosis pupuk Urea } \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Dosis pupuk Urea polybag}^{-1}$$

- Dosis pupuk KCl ha^{-1}

$$\text{Dosis pupuk KCl } \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Dosis pupuk KCl polybag}^{-1}$$

$$= 50 \text{ kg ha}^{-1}$$

(Rekomendasi BALITKABI, 2014)

$$= \frac{6,07 \text{ kg}}{212 \times 10^4 \text{ kg}}$$

$$= 0,14 \text{ g polybag}^{-1}$$

$$= 100 \text{ kg ha}^{-1}$$

(Rekomendasi BALITKABI, 2014)

$$= \frac{6,07 \text{ kg}}{212 \times 10^4 \text{ kg}}$$

$$= 0,29 \text{ g polybag}^{-1}$$

Lampiran 6. Perhitungan Kebutuhan Pupuk Dasar dan Kerapatan Spora MA (Lanjutan)

B. Perhitungan kerapatan spora MA

Dalam 100 gram tanah sampel (spora + tanah) terdapat 206,67 spora *Glomus* sp.

$$\text{Jadi dalam 1 gram tanah terdapat} = \frac{206,67}{100} = 2,066 \text{ spora}$$

Sampel tanah yang digunakan untuk perlakuan

$$M1 = \frac{\text{jumlah spora yang dibutuhkan}}{\text{kerapatan spora g}^{-1}}$$

$$\text{Universitas Brawijaya} = \frac{50}{2,066 \text{ g}^{-1}}$$

$$\text{Universitas Brawijaya} = 24,15 \text{ g}$$

$$\text{Dibulatkan menjadi} = 25 \text{ g}$$

$$M2 = \frac{100}{2,066 \text{ g}^{-1}}$$

$$= 48,31 \text{ g}$$

$$\text{Dibulatkan menjadi} = 50 \text{ g}$$

$$M3 = \frac{150}{2,066 \text{ g}^{-1}}$$

$$= 72,46 \text{ g}$$

$$\text{Dibulatkan menjadi} = 75 \text{ g}$$



Lampiran 7. Perhitungan Kebutuhan Air per Polybag

No.	Brt. sampel basah (T _b +R)*	Brt. sesudah oven (T _o +R)*	Ring (R)
1	187,4 g	149,21 g	35,32 g
2	151,9 g	118,92 g	30,48 g
3	183,1 g	145,62 g	32,96 g

Ket : *Dalam kondisi pF 2,5

$$Ka = \frac{(Tb+R)-(To+R)}{(To+R-R)}$$

$$Ka_1 = \frac{(187,4-149,21)g}{(149,21-35,32)g}$$

$$Ka_1 = \frac{38,19}{113,89} g g^{-1}$$

$$Ka_1 = 0,34 g g^{-1}$$

$$Ka_2 = \frac{(151,9-118,92)g}{(118,92-30,48)g}$$

$$Ka_2 = \frac{32,98}{88,44} g g^{-1}$$

$$Ka_2 = 0,37 g g^{-1}$$

$$Ka_3 = \frac{(183,1-145,62)g}{(145,62-32,96)g}$$

$$Ka_3 = \frac{37,48}{112,66} g g^{-1}$$

$$Ka_3 = 0,33 g g^{-1}$$

$$\bar{X} Ka = \frac{(0,34+0,37+0,33) g}{3 g}$$

$$\bar{X} Ka = \frac{1,04 g}{3 g} = 0,35 g g^{-1}$$

No.	Brt. sampel basah (T _b +R)*	Brt. sesudah oven (T _o +R)*	Ring (R)
1	72,8 g	69,38 g	4,80 g
2	76,0 g	71,92 g	4,76 g
3	74,8 g	71,09 g	4,85 g

Ket : *Dalam kondisi pF 4,2

$$Ku_1 = \frac{(72,8-69,38)g}{(69,38-4,80)g}$$

$$Ku_1 = \frac{3,42}{64,58} g g^{-1}$$

$$Ku_1 = 0,05 g g^{-1}$$

$$Ku_2 = \frac{(76,0-71,92)g}{(71,92-4,76)g}$$

$$Ku_2 = \frac{4,08}{67,16} g g^{-1}$$

$$Ku_2 = 0,06 g g^{-1}$$

$$Ku_3 = \frac{(74,8-71,09)g}{(71,09-4,85)g}$$

$$Ku_3 = \frac{3,71}{66,24} g g^{-1}$$

$$Ku_3 = 0,06 g g^{-1}$$

$$\bar{X} Ku = \frac{(0,05+0,06+0,06) g}{3 g}$$

$$\bar{X} Ku = \frac{0,17 g}{3 g} = 0,06 g g^{-1}$$

$$JKa = (\bar{X} Ka - \bar{X} Ku) \times \text{jumlah tanah polybag}^{-1}$$

$$JKa = (0,35 - 0,06) g g^{-1} \times 6,07 \text{ kg}$$

$$JKa = 0,29 g g^{-1} \times 6000 g$$

$$JKa = 1.740 \text{ ml} = 1,74 \text{ liter}$$

Ket :

Ka = Kadar Air Kapasitas Lapangan

Ku = Kering Udara

JKa = Jumlah Kebutuhan air yang harus ditambahkan

Lampiran 8. Rincian Prosedur Pengamatan Penelitian

Pengamatan dilakukan secara destruktif dengan mengambil 60 sampel polybag untuk pengamatan jumlah spora dan koloni MA yang dilakukan pada umur tanaman 60 HST dan pengamatan sampai panen yang meliputi komponen pertumbuhan, komponen hasil, dan serapan P-biji.

A. Komponen pertumbuhan

- Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh tanaman menggunakan meteran. Jika batang agak condong maka diluruskan ke atas sampai ujung daun sejajar dengan batang. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan satu minggu sekali setelah tanaman berumur 14, 21, 28, 35 HST.

B. Komponen hasil

- Jumlah polong (polong)

Perhitungan dilakukan terhadap semua jumlah polong setiap tanaman sampel (panen umur 79 HST) dengan menghitung jumlah polong berisi dan polong hampa.

- Berat 100 biji (g)

Pengamatan dilakukan dengan menimbang 100 biji kedelai dari setiap masing-masing plot.

- Berat biji per tanaman (g)

Pengamatan dilakukan pada saat kadar air biji $\pm 12\%$. Untuk mencapai kadar air tersebut dilakukan dengan cara menjemur biji dibawah sinar matahari selama 2-3 hari, kemudian menimbang berat biji.

C. Separan P

Perhitungan serapan P dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Serapan P} = \% \text{ P} \times \text{berat kering tanaman (g)}$$

Lampiran 10. Tabel Analisis Ragam Pada Berbagai Parameter

A. Jumlah Spora MA

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	1704,7	424,2	1,81tn	2,61
MA (M)	3	76802,87	25601,0	108,82*	2,84
G × M	12	10148,1	845,7	3,59*	2,00
Galat	40	9410,7	235,3		
Total	59	98066,3			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

B. Koloni Akar

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	1169,26	292,31	4,81*	2,61
MA (M)	3	12699,81	4233,27	69,69*	2,84
G × M	12	2978,89	248,24	4,09*	2,00
Galat	40	2429,63	60,42		
Total	59	19277,59			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

C. P-tersedia (ppm P₂O₅)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	24,74	6,18	10,51*	2,61
MA (M)	3	61,57	20,52	34,88*	2,84
G × M	12	55,36	4,61	7,84*	2,00
Galat	40	23,54	0,59		
Total	59	165,21			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

D. Serapan P (g tanaman⁻¹)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	3,73	0,93	8,44*	2,61
MA (M)	3	1,27	0,42	3,83*	2,84
G × M	12	2,83	0,24	2,13*	2,00
Galat	40	4,42	0,11		
Total	59	12,27			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

Lampiran 10. Tabel Analisis Ragam Pada Berbagai Parameter (Lanjutan)

E. Tinggi tanaman

• 14 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	120,32	30,08	32,66*	2,62
MA (M)	3	12,43	4,14	4,50*	2,85
G × M	12	7,05	0,59	0,64tn	2,02
Galat	40	36,83	0,92		
Total	59	176,63			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 21 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	323,29	80,82	34,51*	2,62
MA (M)	3	35,53	11,84	5,06*	2,85
G × M	12	58,17	4,85	2,07*	2,02
Galat	40	93,69	2,34		
Total	59	510,68			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 28 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	736,48	184,12	30,05*	2,62
MA (M)	3	18,93	6,31	1,03tn	2,85
G × M	12	77,19	6,43	1,05tn	2,02
Galat	40	245,05	6,13		
Total	59	1077,64			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 35 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	913,98	228,49	13,36*	2,62
MA (M)	3	29,51	9,84	0,57tn	2,85
G × M	12	224,34	18,69	1,09tn	2,02
Galat	40	684,23	17,11		
Total	59	1852,05			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

Lampiran 10. Tabel Analisis Ragam Pada Berbagai Parameter (Lanjutan)

• 42 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	2519,44	629,86	32,16*	2,62
MA (M)	3	91,94	30,65	1,56	2,85
G × M	12	187,13	15,59	0,80	2,02
Galat	40	783,44	19,59		
Total	59	3581,95			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 49 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	5272,36	1318,09	59,15*	2,62
MA (M)	3	92,60	30,87	1,39tn	2,85
G × M	12	131,30	10,94	0,49tn	2,02
Galat	40	891,39	22,28		
Total	59	6387,65			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 56 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	7707,31	1926,83	75,82*	2,62
MA (M)	3	104,48	34,83	1,37tn	2,85
G × M	12	136,40	11,37	0,45tn	2,02
Galat	40	1016,55	25,41		
Total	59	8964,74			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 63 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	8402,68	2100,67	65,59**	2,62
MA (M)	3	14,76	4,92	0,15tn	2,85
G × M	12	102,13	8,51	0,27tn	2,02
Galat	40	1281,02	32,03		
Total	59	9800,59			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

Lampiran 10. Tabel Analisis Ragam Pada Berbagai Parameter (Lanjutan)

• 70 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	8446,98	2111,74	85,15*	2,61
MA (M)	3	88,83	29,61	1,19tn	2,84
G × M	12	205,27	17,11	0,69tn	2,00
Galat	40	991,98	24,80		
Total	59	9733,06			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

• 77 Hari Setelah Tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	8926,54	2231,63	95,37*	2,61
MA (M)	3	61,00	20,33	0,87tn	2,84
G × M	12	172,14	14,34	0,61tn	2,00
Galat	40	935,99	23,40		
Total	59	10095,66			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

F. Berat Segar Tanaman

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	280,90	70,23	4,32*	2,61
MA (M)	3	15,96	5,32	0,363n	2,84
G × M	12	92,50	7,71	0,47tn	2,00
Galat	40	649,74	16,24		
Total	59	1039,10			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

G. Berat Kering Tanaman

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	74,56	18,64	9,50*	2,61
MA (M)	3	5,46	1,82	0,93tn	2,84
G × M	12	9,00	0,75	0,38tn	2,00
Galat	40	78,53	1,96		
Total	59	167,56			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

Lampiran 10. Tabel Analisis Ragam Pada Berbagai Parameter (Lanjutan)

H. Jumlah Polong

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	139,81	34,95	6,88*	2,61
MA (M)	3	3,91	1,30	0,26tn	2,84
G × M	12	18,99	1,58	0,31tn	2,00
Galat	40	203,19	5,08		
Total	59	365,91			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

I. Berat 100 biji

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	31,99	7,99	3,59*	2,61
MA(M)	3	0,77	0,26	0,11tn	2,84
G × M	12	8,83	0,74	0,33tn	2,00
Galat	40	89,05	2,23		
Total	59	130,65			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata

J. Berat biji per tanaman

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel 5%
Galur Kedelai (G)	4	28,21	7,05	3,01*	2,61
MA (M)	3	2,24	0,75	0,32tn	2,84
G × M	12	11,33	0,94	0,40tn	2,00
Galat	40	93,83	2,35		
Total	59	135,61			

Keterangan: *: nyata; tn: tidak nyata



Lampiran 11. Korelasi antar Variabel Pengamatan

	Berat 77 HST	Berat biji 100 biji	Berat biji per tanaman	Berat kering tanaman	Berat segar tanaman	Jumlah polong	Jumlah spora MA	Koloni MA	Serapan P
Tinggi tanaman 77 HST	1	-							
Berat 100 biji g	2	-0.53							
Berat biji per tanaman	3	-0.47	0.75*						
Berat kering tanaman	4	0.82*	-0.34						
Berat segar tanaman	5	0.75*	-0.37						
Jumlah polong buah	6	0.79*	-0.68*						
Jumlah spora MA	7	-0.02	-0.14						
Koloni MA	8	0.15	-0.18						
Serapan P	9	0.52*	-0.02						
P tersedia	10	0.20	-0.12						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nilai Korelasi: 0,00-0,199 = sangat rendah; 0,20-0,399= rendah; 0,40-0,599= sedang; 0,60-0,799= kuat; 0,8-1,000= sangat kuat (Sugiyono, 2014)
 r tabel 5% = 0,44 (Sugiyono, 2014)

Lampiran 12. Kriteria Analisa Tanah (Eviati dan Sulaeman, 2009)

Parameter tanah	Nilai				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray (ppm)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P (ppm)	1	2	3	9	13
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	<5	5-10	11-15	16-20	>20
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK/CEC (me/100 g tanah)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Susunan kation					
Ca (me/100 g tanah)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg (me/100 g tanah)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8,0	>8
K (me/100 g tanah)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
Na (me/100 g tanah)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-40	41-60	61-80	>80
Kejenuhan Alumunium (%)	<5	5-10	1-20	20-40	>40
Cadangan mineral (%)	<5	5-10	11-20	20-40	>40
Salinitas/DHL (dS/m)	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Persentase natrium dapat tukar/ESP (%)	<2	2-3	5-10	10-15	>15
Alkalinitas					
pH_{H2O}	Sangat Masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis
	<4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5
					>8,5



Lampiran 13. Penetapan P Tersedia (Bray-I)

1. Menimbang 2 g contoh tanah kering udara yang telah lolos ayakan 0,5 mm
2. Contoh tanah yang telah ditimbang dimasukkan kedalam botol kocok dan ditambahkan 20 ml pengekstrak Bray-1 kemudian dikocok selama 5 menit pada mesin pengocok
3. Setelah selesai dikocok, larutan disaring menggunakan kertas saring whatman 42 dan filtrat saringan ditampung.
4. Hasil saringan dipipet 5 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi
5. Ditambahkan 20 ml aquadest dan reagen B sebanyak 8 ml selanjutnya didiamkan selama 20 menit
6. Nilai absorbansi diukur dengan spectronic 21 pada panjang gelombang 882 nm.

Perhitungan P Tersedia Bray 1 (ppmP) = $\frac{\text{Bacaan sampel-A}}{B} \times fp \times Fka$

Untuk mengkonversi ke dalam P_2O_5 = ppm P $\times \frac{142}{62} = ppm P \times 2,29$

Keterangan :

$$\frac{142}{62} = \text{Konversi P ke } P_2O_5 \text{ yang diperoleh dari} \\ = [Mr] P_2O_5 / [Ar] P_2$$

Lampiran 14. Penetapan P Total Pengekstrak HCl 25%

1. Menimbang 2 g contoh tanah yang lolos ayakan 0,5 mm
2. Kemudian dimasukkan kedalam botol kocok dan ditambahkan 20 ml HCl 25% lalu dikocok dengan mesin kocok selama 6 jam
3. Dimasukan ke dalam tabung reaksi dan dibiarkan semalam
4. Dipipet 2 ml ekstrak jernih contoh ke dalam tabung reaksi
5. Ditambahkan 20 ml air bebas ion (pengenceran 20 x) dan dikocok
6. Dipipet 2 ml hasil pengenceran dan pindahkan ke tabung reaksi

7. Kemudian ditambahkan 20 ml aquadest serta 8 ml reagen B setelah itu dikocok. Dibiarkan selama 30 menit, lalu diukur absorbansinya dengan spektronic 21 pada panjang gelombang 882 nm.

Perhitungan P Total pengekstrak HCl 25 % :

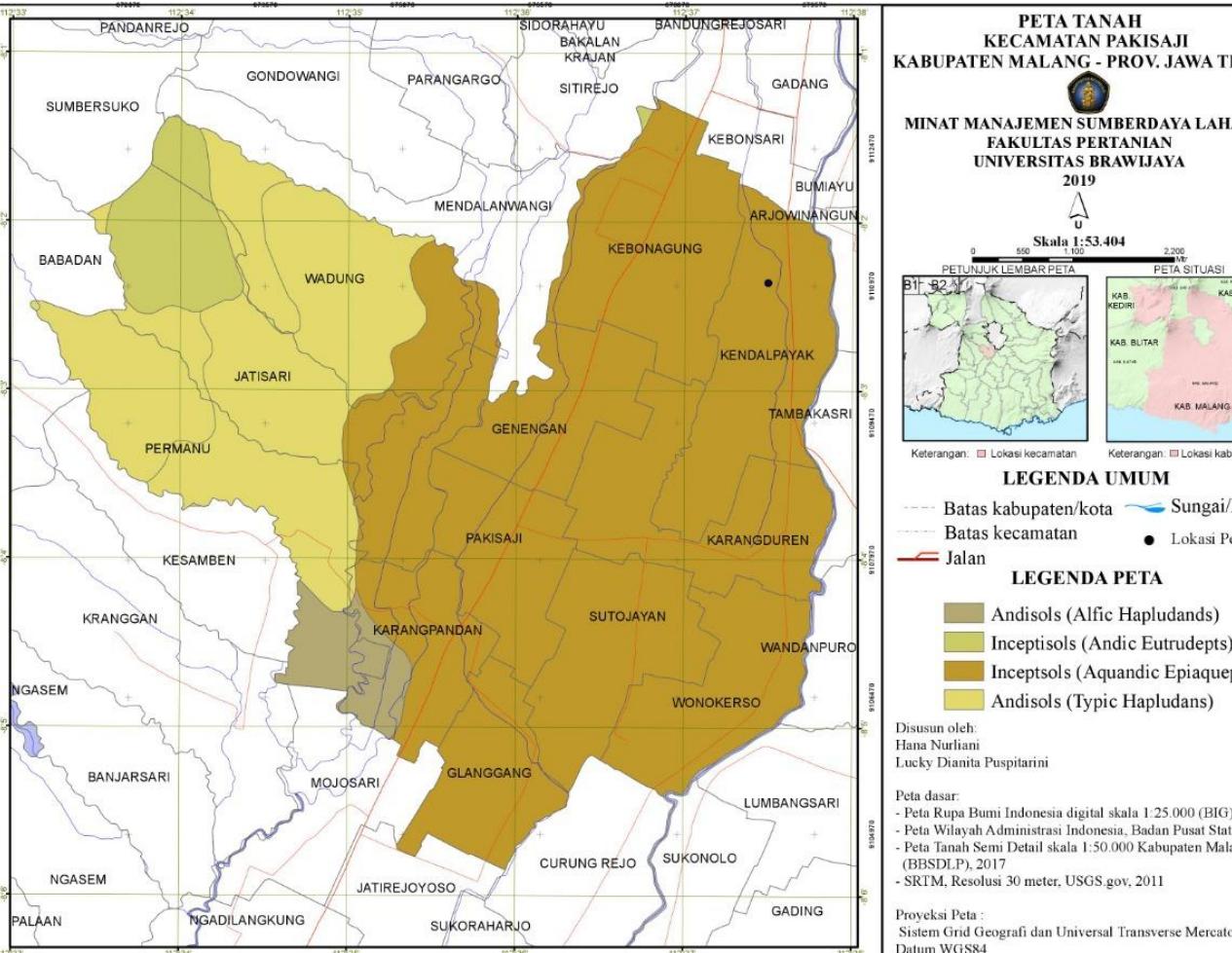
$$P \text{ Total } (\%) = \frac{\text{Bacaan sampel} - A}{B} \times \text{pengenceran} \times Fka$$

Lampiran 15. Penetapan P Tanaman Pengekstrak Asam Nitrat dan Asam Peklorat

1. Menimbang 0,25 g contoh tanaman < 0,5 mm ke dalam tabung digestion
2. Ditambahkan 5 ml asam nitrat dan 1,5 ml asam peklorat
3. Dipanaskan dalam blok *digestion* dari mulai suhu rendah hingga suhu tinggi hingga keluar uap putih dan diperoleh sekitar 1 ml ekstrak jernih
4. Tabung diangkat, didinginkan dan kemudian ekstrak diencerkan dengan aquadest hingga tepat 50 ml. Kocok sampai homogen dengan pengocok tabung, biarkan semalam supaya mengendap
5. Dipipet masing-masing 1 ml ekstrak contoh ke dalam tabung kimia serta ditambahkan 9 ml air bebas ion dan dikocok
6. Dipipet masing-masing 1 ml ekstrak encer contoh ke dalam tabung reaksi
7. Ditambahkan 10 ml reagen B, kocok dengan pengocok tabung sampai homogen dan dibiarkan 30 menit
8. P dalam larutan diukur dengan spektronic 21 pada panjang gelombang 882 nm.

$$\text{Perhitungan Kadar P (\%)} = \frac{\text{Bacaan sampel-A}}{\text{Bacaan sampel-B}} \times \text{faktor pengenceran} \times \text{Fka}$$



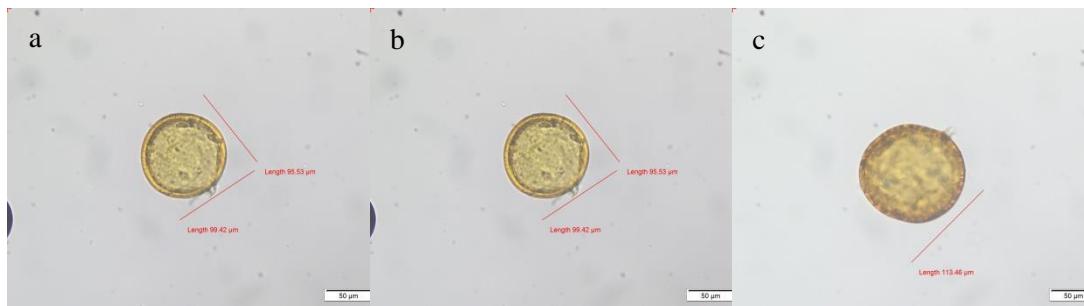
Lampiran 16. Peta Jenis Tanah Lokasi Penelitian dan Deskripsi Morfologi Tanah

Lampiran 16. Peta Jenis Tanah Lokasi Penelitian dan Deskripsi Morfologi Tanah (Lanjutan)

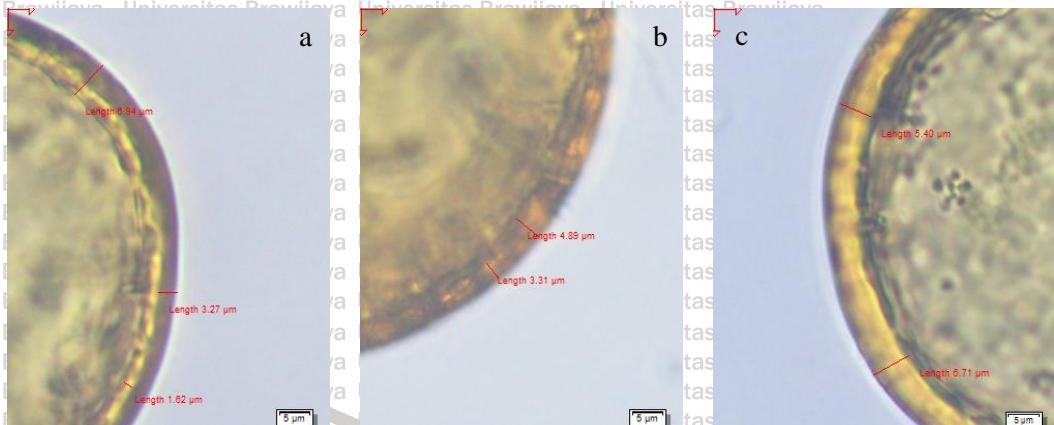
No. SPT	:	24
Klasifikasi Tanah	:	
Soil Taxonomy (SSS)	:	Typic Epiaquepts
Klasifikasi Nasional (BBSSDLP)	:	Gleisol Eutrik
Landform	:	Dataran vulkan / Vab.1.5.A
Bahan induk	:	Andesit basalt
Bentuk wilayah (%)	:	Datar (0 – <3)
Lereng	:	
Lereng site dan posisi	:	2% (Lereng bawah)
Elevasi (RBI/GPS), m dpl	:	420
Drainase tanah	:	terhambat
Permeabilitas tanah	:	lambat
Kedalaman efektif (cm)	:	120
Kedalaman muka air tanah (cm)	:	Tidak ada informasi
Penggunaan lahan / vegetasi	:	Sawah (IP200) / Padi – padi – palawija / sayuran
Lokasi Administrasi	:	Desa Kendalpayak, kec. Pakisaji, Kab. MALANG, provinsi JATIM
Koordinat UTM	:	Zona 49 M : Y 9110997; X 0679070
Kode/jenis pengamatan/tgl-bl-th	:	WG. 556 / bor / 14 – 08 – 2016

Horison	Kedalaman (cm)	Uraian
Ap	0 – 20	Kelabu (2,5Y 5/1); Coklat (10YR 4/3); tekstur lempung liat berpasir; konsistensi agak lekat tidak plastis (basah); reaksi tanah netral pH trough 7,0
Bg1	20 – 50	Kelabu gelap (N 4/1); Coklat (10YR 4/3); tekstur lempung berliat; konsistensi agak lekat agak plastis (basah); reaksi tanah agak masam pH trough 6,5
Bw1	50 – 80	Coklat gelap (7,5YR 3/3); tekstur lempung berliat; konsistensi agak lekat agak plastis (basah); reaksi tanah agak masam pH trough 6,5
Bw2	80 – 100	Coklat gelap (7,5YR 3/4); tekstur liat; konsistensi lekat plastis (basah); reaksi tanah agak masam pH trough 6,5
BC	100 – 120	Coklat (7,5YR 4/4); Kelabu sangat gelap (2,5Y 3/1); tekstur lempung berliat; konsistensi agak lekat agak plastis (basah); reaksi tanah agak masam pH trough 6,0

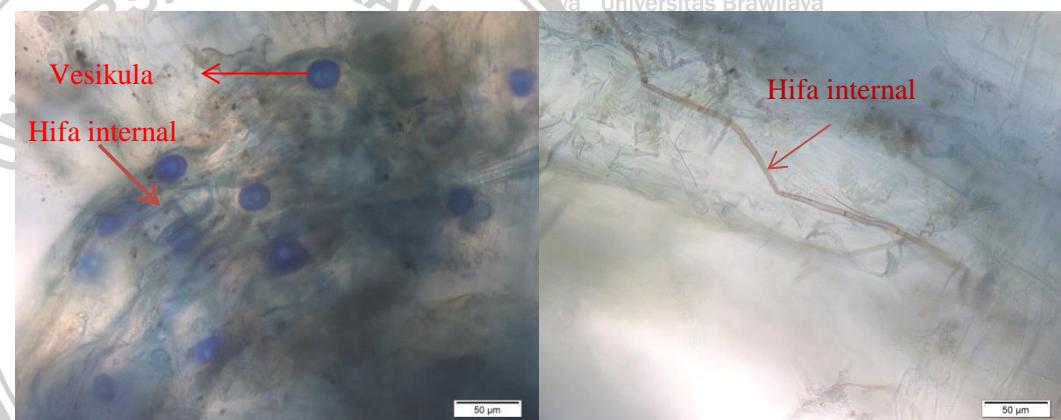
Lampiran 17. Hasil Dokumentasi Spora MA dan Koloni MA Pada Akar



Gambar 1. Spora *Glomus* sp. utuh perbesaran 400× pada perlakuan: a) G2M1,
b) G1M3, c) G4M2

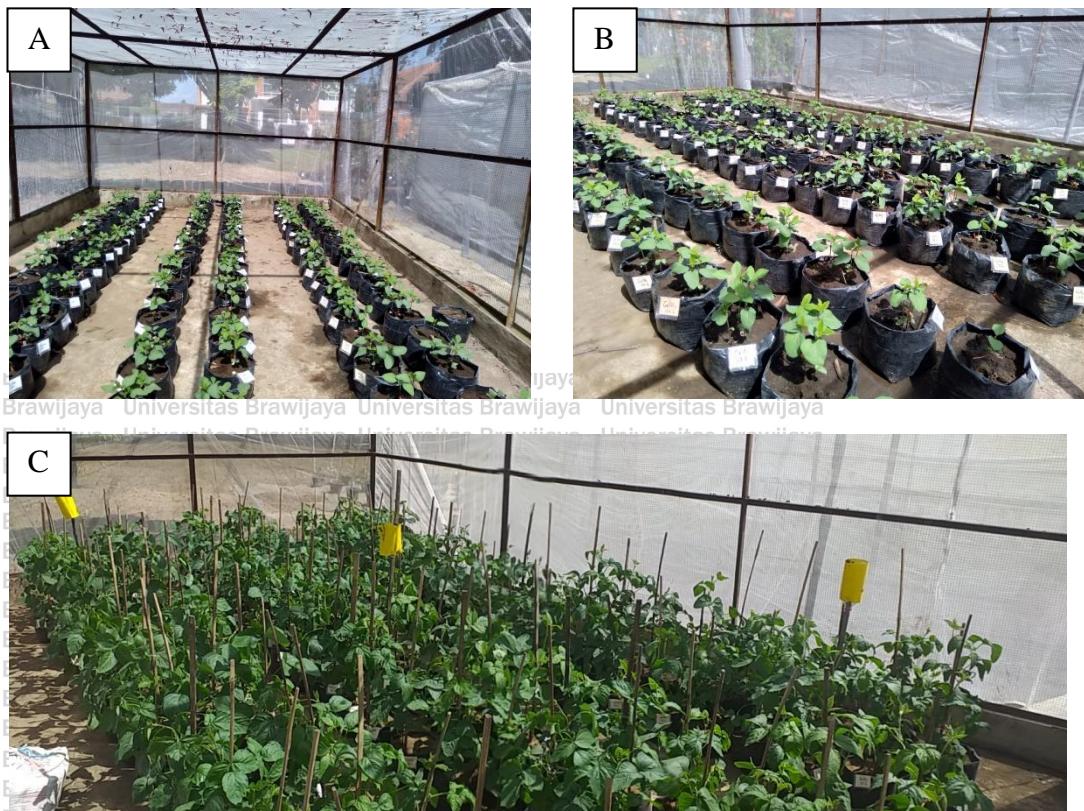


Gambar 2. Dinding spora *Glomus* sp. perbesaran 400× pada perlakuan: a)
G2M1, b) G1M3, c) G4M2 umur 60 HST



Gambar 3. Koloni MA Pada Akar Kedelai Hitam Perbesaran 400× pada
perlakuan G4M2 umur 60 HST

Lampiran 18. Kondisi Tanaman Kedelai Hitam



Gambar 4. Kondisi tanaman kedelai hitam pada berbagai umur: A) Umur 14 HST; B) Umur 21 HST; C) Umur 35 HST



Gambar 5. Kondisi tanaman kedelai pada pemanenan 60 HST: A) Perlakuan Daewon/Argomulyo-36 + 50 spora MA (G4M1); B) Geongjeongsaelon/Argomulyo-88 + 100 spora MA (G3M2); C) Detam-1+150 spora MA (G1M3)



Gambar 6. Kondisi tanaman pada umur panen 79 HST